



**FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO
AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER
FEPAM**

**Rede Estadual de Monitoramento
Automático da Qualidade do Ar
Relatório 2013 e 2014**

RIO GRANDE DO SUL

2015

*FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
HENRIQUE LUIS ROESSLER*

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

*SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL*

2015

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Ana Maria Pellini

DIRETORIA TÉCNICA

Rafael Volquind

DEP. DE QUALIDADE, PLANEJAMENTO E INFRAESTRUTURA

Ana Rosa Severo Bered

PROGRAMA AR DO SUL

Márcio D'Avila Vargas

Equipe Técnica da Rede de Monitoramento Automático

Estevão Segalla

Felipe Norte Pereira

Flávio Wiegand

Márcio D'Avila Vargas

Said Oliveira Atiyel

Elaboração Técnica

Flávio Wiegand

Márcio D'Avila Vargas

Ficha catalográfica

F383 Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler.
Rede estadual de monitoramento automático da qualidade do ar
relatório 2013 e 2014 . – Porto Alegre: FEPAM, 2015.
58p. : il.

1. Ar. 2. Poluição. 3. Monitoramento da qualidade do ar – Rio
Grande do Sul. I. Título.

CDU – 628.511(816.5)

SUMÁRIO

GLOSSÁRIO	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO	15
3 DESCRIÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	16
3.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS, CLIMÁTICOS E DE DISPERSÃO	16
3.2 ECONOMIA DO ESTADO	16
3.3 DADOS DA FROTA VEICULAR GAÚCHA	18
4 PROCONVE E PROMOT	20
5 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR	21
6 POLUENTES E A QUALIDADE DO AR	24
6.1 POLUENTES: EFEITOS NA SAÚDE E FONTES USUAIS	24
6.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR E OS EFEITOS NA SAÚDE	24
7 REDE DE MONITORAMENTO AUTOMÁTICO	26
7.1 HISTÓRICO	26
7.2 ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA REDE AR DO SUL	26
7.2.1 <i>ESTAÇÃO CANOAS/V COMAR</i>	27
7.2.2 <i>ESTAÇÃO SAPUCAIA/SESI</i>	27
7.2.3 <i>ESTAÇÃO GRAVATAÍ/JT</i>	27
7.2.4 <i>ESTAÇÃO CANOAS/PU</i>	27
7.2.5 <i>ESTAÇÃO ESTEIO/VE</i>	27
7.2.6 <i>ESTAÇÃO CHARQUEADAS/AT</i>	28
7.2.7 <i>ESTAÇÃO TRIUNFO/DEPREC</i>	28
7.2.8 <i>ESTAÇÃO GUAÍBA/PARQUE 35</i>	28
7.3 DADOS DE QUALIDADE DO AR	29
7.3.1 <i>REPRESENTATIVIDADE DOS DADOS DE QUALIDADE DO AR</i>	29
7.3.2 <i>DISPONIBILIDADE DOS DADOS DA REDE DE QUALIDADE DO AR</i>	30
8 ANÁLISE DOS DADOS	31
8.1 ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR (IQAR)	31
8.2 DADOS DO MONITORAMENTO	32
8.2.1 <i>OZÔNIO (O₃)</i>	32
8.2.2 <i>PARTÍCULAS INALÁVEIS (PI₁₀)</i>	39
8.2.3 <i>DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO₂)</i>	41
8.2.4 <i>DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO₂)</i>	43
8.2.5 <i>MONÓXIDO DE CARBONO (CO)</i>	51
9 CONCLUSÕES	53
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
11. FONTES CONSULTADAS	58

GLOSSÁRIO

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: micrograma por metro cúbico

$^{\circ}\text{C}$: Grau Celsius

AT: Arranca Toco

CO: Monóxido de carbono

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPTEC: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DEPREC: Departamento Estadual de Portos Rios e Canais

DETRAN-RS: Departamento estadual de trânsito do Rio Grande do Sul

DV: Direção do vento

E: Leste

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler

FFE: Fundação de economia e estatística

GM: General Motors do Brasil

GOES-13: Geostationary Operational Environmental Satellite

HC: Hidrocarboneto

hPa: Hectopascal

Iarc: International agency for research on cancer

INMET: Instituto nacional de meteorologia

Inpp-I: Índice de potencial poluidor da indústria

IQAr: Índice de Qualidade do Ar

JT: Jardim Timbaúva

km: Quilômetro

L: Local

Log: Logaritmo

m/s: Metro por segundo

m: Metro

NO_2 : Dióxido de nitrogênio

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

NO_x : Óxidos de nitrogênio

O_3 : Ozônio

OMS: Organização mundial da saúde

P: Pressão

PI: Partículas inaláveis

PI₁₀: Partículas inaláveis com diâmetro menor que 10 micra

PIB: Produto interno bruto

ppm: Partes por milhão

PROAR: Programa Ar do Sul

PTS: Partículas totais em suspensão

PU: Parque universitário

REFAP: Refinaria Alberto Pasqualini S/A

RG: Radiação solar global

RMPA: Região metropolitana de Porto Alegre

RS: Rio Grande do Sul

S: Sul

SC: Santa Catarina

SE: Sudeste

SESI: Serviço social da indústria

SO₂: Dióxido de enxofre

T: Temperatura

UR: Umidade relativa do ar

UTC: Universal Time Coordinated

UVA: Radiação ultravioleta-A

V COMAR: V Comando Aéreo Regional

VAB: Valor adicional bruto

VE: Vila Ezequiel

VV: Velocidade do vento

W: Oeste

WHO: World Health Organization

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do VAB do Rio Grande do Sul por setores de atividade 2012 (%).	17
Figura 2: Índice de Potencial Poluidor da Indústria, por município.	18
Figura 3: Limite de emissão por Fases do PROCONVE – Veículos Leves.	20
Figura 4: Localização das estações Canoas/V COMAR, Canoas/PU, Esteio/VE, Sapucaia/SESI, Gravataí/JT, Guaíba/Parque35, Charqueadas/AT e Triunfo/DEPREC.	29
Figura 5: Carta de superfície do dia 09/12/2013, as 15h local (18:00 UTC), contendo isóbaras ao nível médio do mar e vetores do vento a 10 m de altura.	35
Figura 6: Imagem do Satélite GOES-13 do dia 09/12/2013, as 15h local (18:00 UTC), no espectro do visível.	35
Figura 7: Plotagem da radiossondagem da atmosfera no diagrama SkewT-LogP dia 09/12/2013, as 9h local (12:00 UTC).	36
Figura 8: Carta de superfície do dia 31/12/2014, as 18h local (21:00 UTC), contendo isóbaras ao nível médio do mar e vetores do vento a 10m de altura.	37
Figura 9: Imagem do Satélite GOES-13 do dia 31/12/2014, as 18h local (21:00 UTC), no espectro do visível.	37
Figura 10: Plotagem da radiossondagem da atmosfera no diagrama SkewT-LogP dia 31/12/2014, as 9h local (12:00 UTC).	38
Figura 11: Concentração média horária de ozônio ao longo do dia, por ano.	38
Figura 12: Concentração média horária de PI_{10} ao longo do dia, por ano.	40
Figura 13: Concentração média horária de SO_2 ao longo do dia, por ano.	42
Figura 14: Carta de superfície do dia 10/07/2013, as 9h local (12:00 UTC), contendo isóbaras ao nível médio do mar e vetores do vento a 10m de altura.	45
Figura 15: Imagem do Satélite GOES-13 do dia 10/07/2013, as 9h local (12:00 UTC), no espectro do visível.	45
Figura 16: Plotagem da radiossondagem da atmosfera no diagrama SkewT-LogP dia 10/07/2013, as 9h local (12:00 UTC).	46
Figura 17: Carta de superfície do dia 23/01/2013, as 9h local (12:00 UTC), contendo isóbaras ao nível médio do mar e vetores do vento a 10m de altura.	47
Figura 18: Imagem do Satélite GOES-13 do dia 23/01/2013, as 9h local (12:00 UTC), no espectro do visível.	47
Figura 19: Plotagem da radiossondagem da atmosfera no diagrama SkewT-LogP dia 23/01/2013, as 9h local (12:00 UTC).	48
Figura 20: Carta de superfície do dia 11/06/2013, as 12h local (15:00 UTC), contendo isóbaras ao nível médio do mar e vetores do vento a 10m de altura.	49
Figura 21: Imagem do Satélite GOES-13 do dia 23/01/2013, as 9h local (12:00 UTC), no espectro do visível.	49
Figura 22: Plotagem da radiossondagem da atmosfera no diagrama SkewT-LogP dia 11/06/2014, as 9h local (12:00 UTC).	50
Figura 23: Concentração média horária de NO_2 ao longo do dia, por ano.	50
Figura 24: Concentração média horária de CO ao longo do dia, por ano.	52

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Os 10 maiores municípios conforme o PIB** 16
- Tabela 2: Evolução anual da frota veicular do RS por tipo.** 19
- Tabela 3: Padrões de qualidade do ar (resolução CONAMA nº 003/1990)** 22
- Tabela 4: Níveis de poluição do ar para episódios críticos (res. CONAMA nº 003/1990)** 22
- Tabela 5: Princípios de medição específicos para cada poluente.** 23
- Tabela 6: Relação entre o índice de qualidade do ar e os efeitos sobre a saúde.** 24
- Tabela 7: Índices de qualidade e faixas de concentração correspondente por poluente.** 25
- Tabela 8: Parâmetros e localização das estações.** 26
- Tabela 9: Critérios de representatividade de dados.** 29
- Tabela 10: Índice de qualidade do ar em 2013.** 31
- Tabela 11: Índice de qualidade do ar em 2014.** 32
- Tabela 12: Concentração média horária anual de O₃, por estação por ano.** 33
- Tabela 13: Concentração máxima horária de ozônio, por estação por ano.** 33
- Tabela 14: Concentração média diária anual de PI₁₀, por estação por ano.** 39
- Tabela 15: Concentração máxima diária de PI₁₀, por estação por ano.** 39
- Tabela 16: Concentração média diária anual de SO₂, por estação por ano.** 41
- Tabela 17: Concentração máxima diária de SO₂, por estação por ano.** 42
- Tabela 18: Concentração média horária anual de NO₂ por estação por ano.** 43
- Tabela 19: Concentração máxima média horária de NO₂ por estação por ano.** 44
- Tabela 20: Concentração média horária anual de CO por estação, por ano.** 51
- Tabela 21: Concentrações máximas médias horárias e móveis de 8 h de CO por estação, por ano.** 51

1 INTRODUÇÃO

Processos industriais, atividades domésticas e veículos automotores emitem misturas complexas de poluentes do ar, muitos dos quais são prejudiciais à saúde. Além disto, emissões oriundas de vulcões, queimadas e da própria decomposição dos materiais orgânicos no ambiente também contribuem para o aumento de poluentes no ar.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição do ar é atualmente um dos principais problemas ambientais no mundo. Ela aumenta o risco de doenças respiratórias e doença cardíaca nas populações. Exposições a curto prazo, assim como as prolongadas, têm sido associadas aos impactos na saúde. Crianças, idosos e as classes mais pobres são as mais suscetíveis. Em termos gerais, a OMS definiu diretrizes de qualidade do ar para quatro poluentes comuns: partículas inaláveis (PI), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂) e dióxido de enxofre (SO₂), visando proteção à saúde e meio ambiente (WHO, 2005).

Em geral, na maioria das grandes cidades do mundo e nas zonas muito industrializadas onde é monitorada a poluição do ar, a qualidade do ar ambiente não atinge níveis seguros conforme as diretrizes da OMS, colocando as pessoas em risco adicional de doenças respiratórias além de outros problemas de saúde.

Estima-se que em 2012 houve em torno de 3,7 milhões de mortes prematuras - mais da metade deles nos países em desenvolvimento - devido a exposição à poluição ambiental do ar (WHO, 2014). Cerca de 88% destas mortes ocorrem em países de baixa e média renda per capita. Em 2013, a OMS classificou a poluição do ar como cancerígena para os seres humanos (Iarc, 2013).

Reduzir a poluição do ar poderia salvar vidas. Em muitos casos combater a poluição a longo prazo é mais econômico do que os gastos para os tratamentos de saúde.

Concentrações de poluentes atmosféricos devem ser mensurados pelo monitoramento nos locais que sejam representativos da exposição da população. Os níveis de poluição do ar podem ser mais altos nas proximidades de fontes específicas, tais como estradas, usinas de energia e grandes fontes estacionárias, e a proteção das populações que vivem em tais situações pode exigir medidas especiais para trazer os níveis de poluição para abaixo dos valores de referência.

O presente trabalho aborda as características do Rio Grande do Sul, principalmente aquelas com maior impacto na poluição atmosférica, com destaque para a atividade industrial e a evolução e características da frota veicular.

As Resoluções do CONAMA nº 005/1989 e nº 003/1990, que explicitam os conceitos de poluente, de padrões de qualidade do ar (primário e secundário) e limites adotados para os poluentes clássicos são brevemente discutidas, assim como o Índice de Qualidade do Ar (IQA).

Para melhor compreensão do monitoramento realizado, são apresentadas as características e peculiaridades de cada estação de monitoramento, na forma de histórico e metadados das mesmas.

2 OBJETIVO

O objetivo deste relatório é divulgar para a sociedade os dados do monitoramento automático da qualidade do ar realizado pela FEPAM nos anos de 2013 e 2014, incluindo o sistema de monitoramento utilizado, sua abrangência, as principais fontes e a influência da meteorologia local na dispersão dos poluentes.

3 DESCRIÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

3.1 Aspectos geográficos, climáticos e de dispersão

Os aspectos geográficos, meteorológicos e climáticos encontram-se descritos no Relatório da Qualidade do Ar 2003-2012, disponível no site da FEPAM.

3.2 Economia do Estado

Em termos gerais, o Produto Interno Bruto (PIB) do Estado triplicou entre 2002 e 2013, passando de cerca de 105 bilhões para cerca de 331 bilhões de reais (FEE, 2015). Infelizmente ainda não há dados disponíveis para o ano de 2014 até a publicação deste relatório.

Na Tabela 1 vemos os 10 maiores municípios do Estado em 2012, segundo a magnitude do PIB, os quais representaram 44,75% do PIB estadual.

Tabela 1: Os 10 maiores municípios conforme o PIB

Município	Valor (R\$ 1000)
Porto Alegre	48.002.209
Caxias do Sul	16.651.357
Canoas	14.856.173
Rio Grande	8.965.447
Gravataí	6.936.437
Passo Fundo	6.275.589
Triunfo	6.071.171
Novo Hamburgo	5.836.593
Pelotas	5.532.992
Santa Cruz do Sul	5.128.333

Fonte: FEE/Centro de Informações Estatísticas/Núcleo de Contabilidade Social.

Os 10 maiores PIBs municipais são, em geral, baseados na indústria e em serviços, tendo a agropecuária uma pequena participação. O setor serviços destaca-se como a responsável pela maior parte do valor gerado nestes municípios. O número de habitantes também é destaque pois, com exceção de Triunfo, todos apresentam população superior a 100 mil habitantes.

O valor adicional bruto (VAB) do Rio Grande do Sul em 2012, dividido em Agropecuária, Indústria e Serviços, é ilustrado na Figura 1.

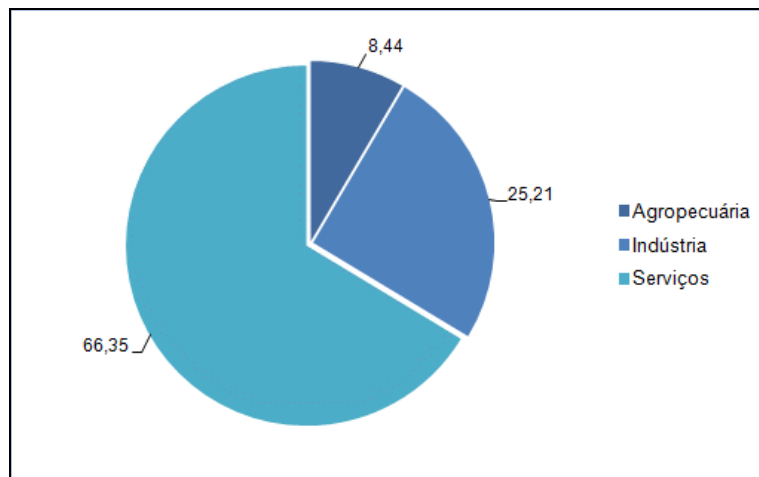


Figura 1: Estrutura do VAB do Rio Grande do Sul por setores de atividade 2012 (%).

Fonte: Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul

A indústria, responsável por 25,21% do VAB estadual, é bem diversificada e se desenvolveu a partir das agroindústrias e de outros segmentos ligados ao setor primário. Destacam-se as indústrias de transformação, alimentos, petroquímicas, máquinas, automobilísticas, implementos agrícolas, fertilizantes e de calçados. De forma geral, as indústrias de produtos alimentícios, química, metalurgia, vestuário, papel, têxtil, borracha, automotivo e petróleo ficam localizadas nos municípios da RMPA. Na região da Serra Gaúcha, principalmente em Caxias do Sul, ficam indústrias ligadas ao metal-mecânico e na região de Pelotas e Rio Grande, indústrias de construção naval e fertilizantes. Destaca-se, ainda, o Pólo Petroquímico em Triunfo, as indústrias do setor coureiro-calçadista do Vale dos Sinos, as termelétricas em Charqueadas e Candiota e a indústria fumageira em Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires.

Embora a agropecuária represente apenas 8,44% do VAB gaúcho, é por meio dela que derivam vários segmentos da indústria e dos serviços. O Rio Grande do Sul possui um dos maiores rebanhos bovinos do país, localizado na parte oeste e sul do Estado, cujo sistema ainda é de produção extensiva, tendo o campo nativo como base da alimentação dos animais. O Estado ainda é um dos maiores produtores de grãos, com destaque para a soja, arroz, milho e trigo.

A Figura 2 ilustra a participação dos municípios gaúchos no índice de potencial poluidor da indústria (Inpp-I) para o ano de 2009. Infelizmente não se tem dados mais

recentes disponíveis até a publicação deste relatório. É observado que a concentração territorial do risco relativo ao potencial poluidor industrial ocorre principalmente em municípios da RMPA e em Caxias do Sul, correspondente às áreas mais densamente povoadas e industrializadas do Estado. Em segundo plano aparecem os municípios de Santa Cruz do Sul e Rio Grande.

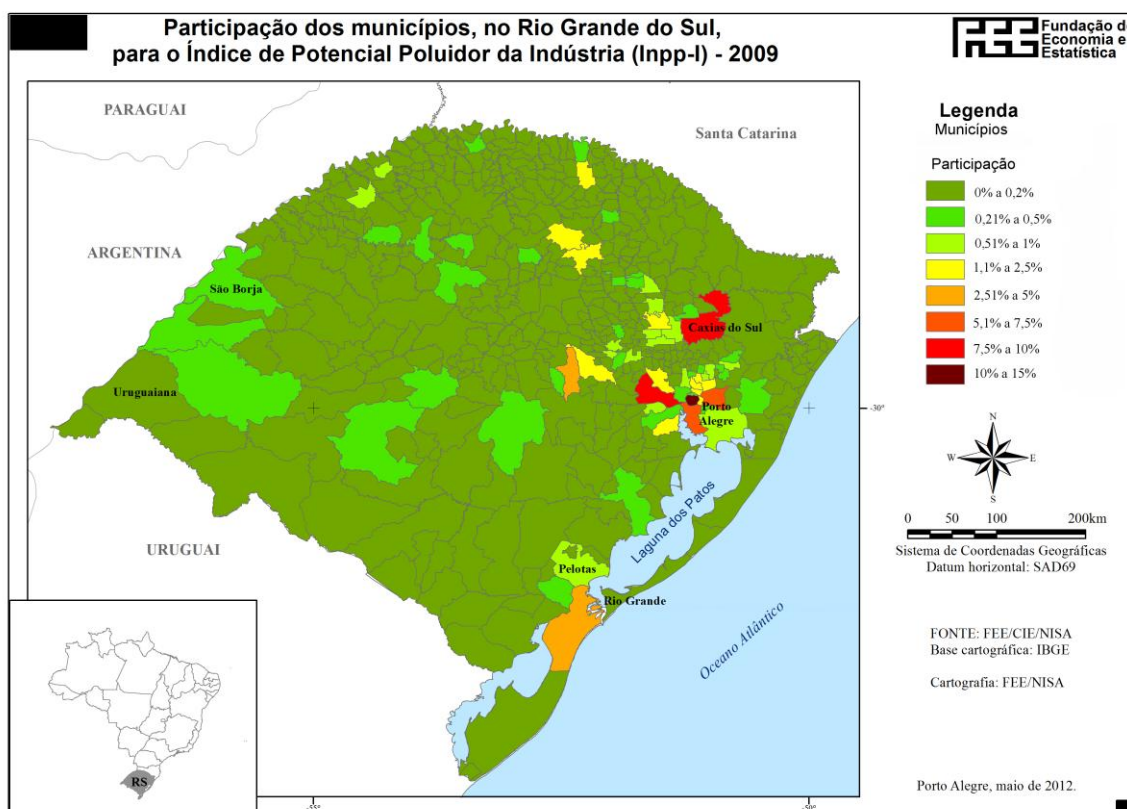


Figura 2: Índice de Potencial Poluidor da Indústria, por município.
Fonte: FEE.

3.3 Dados da frota veicular gaúcha

A Tabela 2 contém o número de veículos por tipo no período de 2007 a 2014. Isto se reflete na frota como um todo e nos veículos à gasolina e à diesel, que juntos constituem quase 90% do montante total. Observa-se uma forte expansão no crescimento do número de veículos, que até 2010 era acima de 6,9% ao ano, mas que perdeu força passando para 5,3% ao ano em 2014. Fica evidenciado ainda que a principal categoria é constituída por automóveis que, a princípio, são os maiores contribuintes da poluição veicular.

Tabela 2: Evolução anual da frota veicular do RS por tipo.

Tipo de Veículo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Automóvel	2.409.653	2.559.453	2.726.795	2.898.284	3.086.934	3.305.134	3.522.607	3.707.055
Motocicleta, Motoneta e Ciclomotor	727.725	813.776	875.494	929.824	986.762	1.033.842	1.069.708	1.095.707
Caminhão	193.318	201.533	209.640	221.179	233.363	243.366	256.447	266.995
Reboque	129.984	138.889	147.151	157.643	169.490	181.801	196.601	210.784
Ônibus e Microônibus	39.996	40.419	42.164	44.521	47.641	50.219	52.923	55.119
Trator	3.400	3.858	4.300	5.113	5.869	6.498	6.880	7.178
Outros	1.972	4.496	4.557	4.709	4.946	5.226	5.473	5.708
Utilitário, Caminhonete, Camioneta	349.167	376.126	407.545	448.341	496.926	550.216	611.265	675.150
Total	3.855.215	4.138.550	4.417.646	4.709.614	5.031.931	5.376.302	5.721.904	6.023.696

Fonte: DETRAN-RS.

As informações a respeito do inventário de fontes móveis do Estado, envolvendo dados da frota frente ao tipo de combustível utilizado e as estimativas de emissão por poluente, por não haver atualização de dados disponíveis, podem ser acessadas no Relatório da Qualidade do Ar 2003-2012, disponível do site da FEPAM.

4 PROCONVE E PROMOT

Para minimizar o impacto do crescente aumento da frota veicular na qualidade do ar dos grandes centros urbanos, o CONAMA criou programas de controle, com destaque para o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, instituído pela Resolução CONAMA nº 18 de 1986, e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas e Veículos Similares – PROMOT, instituído pela Resolução CONAMA nº 297 de 2012.

Tais programas estabelecem prazos, limites de emissão e melhora tecnológica para a frota veicular do país, contribuindo para o atendimento dos padrões de qualidade do ar do PRONAR. Os programas foram implementados em fases, onde a cada período ou fase o novo veículo automotor produzido deve atender a um limite máximo de emissão, inferior ao da fase precedente. Em termos de emissões, a Figura 3 exemplifica os limites estabelecidos de cada poluente para cada fase do PROCONVE – veículos leves de passageiros. Destaca-se que os limites de emissão para os veículos leves comerciais, veículos pesados e ciclomotores também foram estabelecidos nestes programas, para cada fase, mas não serão apresentados neste relatório, podendo ser acessados diretamente no site do IBAMA ou do MMA.

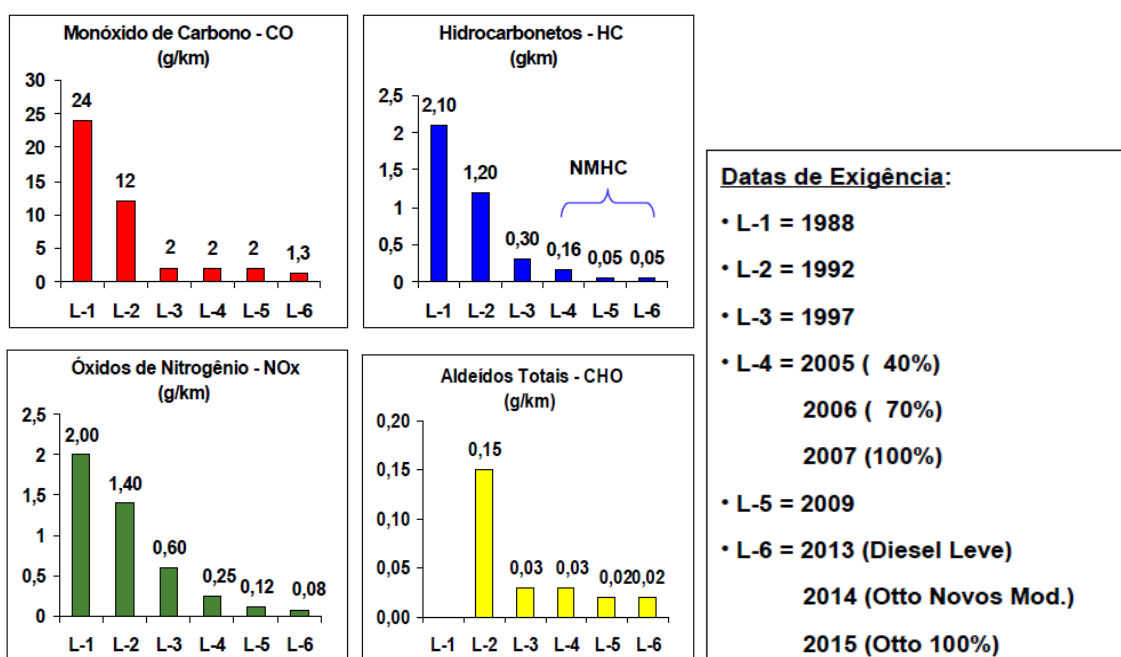


Figura 3: Limite de emissão por Fases do PROCONVE – Veículos Leves.

Fonte: ANFAVEA(2010): Ações da Indústria Automobilística para Atendimento ao PROCONVE.

5 PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

A resolução CONAMA nº 005/1989 estabelece os seguintes conceitos associados à qualidade do ar:

a- Padrão de qualidade do ar: são as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora, à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

b- Poluente atmosférico: qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

- I. Impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
- II. Inconveniente ao bem-estar público;
- III. Danoso aos materiais, à fauna e flora;
- IV. Prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Já a resolução CONAMA nº 003/1990 apresenta outros importantes conceitos tais como os de padrão primário e secundário, episódios críticos e níveis de atenção, alerta e emergência, conforme apresentado a seguir:

a) padrões primários de qualidade do ar: são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população;

b) padrões secundários de qualidade do ar: concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Os padrões de qualidade do ar estabelecido para o território nacional, segundo a resolução CONAMA nº 003/1990, são mostrados na Tabela 3.

Os artigos 145 a 153 do capítulo III do Código Estadual do Meio Ambiente (RS - Lei nº 11520 de 03/08/2000) tratam “Da Utilização e Conservação do Ar”. Fica explícito no artigo 153:

“As fontes emissoras de poluentes atmosféricos, em seu conjunto, localizadas em área de Distrito Industrial, classificada como Classe III, deverão lançar seus poluentes em quantidades e condições tais que:

I - não ocasionem concentrações, ao nível do solo, superiores aos padrões primários de qualidade do ar, dentro dos limites geográficos do Distrito Industrial;

II - não ocasionem concentrações, ao nível do solo, superiores aos padrões secundários de qualidade do ar, fora dos limites geográficos do Distrito Industrial.

Assim, nas áreas classe I e II bem como nas áreas classe III, fora dos limites industriais, devem ser atendidos os padrões secundários de emissão.”

Tabela 3: Padrões de qualidade do ar (resolução CONAMA nº 003/1990)

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO (µg/m³)	PADRÃO SECUNDÁRIO (µg/m³)
Partículas totais em suspensão	24 h ¹	240	150
	Média geométrica anual	80	60
Partículas inaláveis	24 h ¹	150	150
	Média aritmética anual	50	50
Fumaça	24 h ¹	150	100
	Média aritmética anual	60	40
Dióxido de enxofre	24 h ¹	365	100
	Média aritmética anual	80	40
Dióxido de nitrogênio	1 h	320	190
	Média aritmética anual	100	100
Monóxido de carbono	1 h ¹	35 ppm	35 ppm
	8 h ¹	9 ppm	9 ppm
Ozônio	1 h ¹	160	160

1- Não deve ser ultrapassado mais de uma vez ao ano.

Fonte: Adaptado da resolução CONAMA nº 003/1990.

A resolução CONAMA nº 003/1990 também define episódios críticos de poluição do ar, resumidamente descritos na Tabela 4.

Tabela 4: Níveis de poluição do ar para episódios críticos (res. CONAMA nº 003/1990)

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	ATENÇÃO (µg/m³)	ALERTA (µg/m³)	EMERGÊNCIA (µg/m³)
Partículas totais em suspensão	24 h	375	625	875
Partículas inaláveis	24 h	250	420	500
Fumaça	24 h	250	420	500
Dióxido de enxofre	24 h	800	1600	2100
Dióxido de nitrogênio	1 h	1130	2260	3000
SO ₂ x PTS (µg/m ³ x µg/m ³)	24 h	65000	261000	393000
Monóxido de carbono	8 h	15 ppm	30 ppm	40 ppm
Ozônio	1 h	400	800	1000

Fonte: Adaptado da resolução CONAMA nº 003/1990.

Em termos de equipamentos de medição, a resolução CONAMA nº 003/1990 define que das estações devem operar de acordo com a metodologia descrita na Tabela 5. Entretanto,

a metodologia utilizada na determinação de alguns destes poluentes nos amostradores automáticos da Rede Ar do Sul que compõe este relatório contemplam técnicas mais avançadas, avaliadas como equivalentes e aprovadas pelo órgão ambiental, conforme consta na Tabela 5.

Tabela 5: Princípios de medição específicos para cada poluente.

POLUENTE	MÉTODO DE MEDIÇÃO	
	CONAMA nº 003/1990	Rede Ar do Sul
Partículas Inaláveis - PI_{10}	Separação inercial/filtração ou equivalente	Radiação Beta e Micro-balança
Dióxido de Enxofre – SO_2	Pararonasilina ou equivalente	Fluorescência Ultravioleta
Monóxido de Carbono - CO	Infravermelho não-dispersivo ou equivalente	Infravermelho não-dispersivo
Óxidos de Nitrogênio - NO_x	Quimioluminescência ou equivalente	Quimiluminescência
Ozônio – O_3	Quimioluminescência ou equivalente	Fotometria Ultravioleta

Fonte: Elaborado pelo autor.

6 POLUENTES E A QUALIDADE DO AR

6.1 Poluentes: efeitos na saúde e fontes usuais

A descrição dos principais poluentes, seu efeito na saúde e suas principais fontes encontra-se no Relatório da Qualidade do Ar 2003-2012, disponível no site da FEPAM.

6.2 Índice de qualidade do ar e os efeitos na saúde

O índice de qualidade do ar (IQAr) é uma ferramenta matemática utilizada para qualificar o ar, sendo dividida na FEPAM nas seguintes categorias: “Boa”, “Regular”, “Inadequada”, “Má”, “Péssima” e “Crítica”. Para facilitar a divulgação ao público adotou-se para a qualidade do ar, na mesma ordem mencionada anteriormente, uma escala de cores correspondente: verde, amarelo laranja, vermelho, roxo e preto. A significância da qualidade do ar para saúde é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6: Relação entre o índice de qualidade do ar e os efeitos sobre a saúde.







QUALIDADE	ÍNDICE	EFEITOS PRINCIPAIS NA SAÚDE
Boa	0-50	Efeitos desprezíveis
Regular	51-100	Pessoas com doenças respiratórias e/ou cardíacas podem apresentar sintomas como dor no peito, tosse seca e cansaço
Inadequada	101-199	Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, dor no peito, nariz e garganta, tosse seca e cansaço
Má	200-299	Aumento dos sintomas respiratórios em crianças e pessoas com doenças pulmonares, como asma. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral
Péssima	300-399	Agravamento significativo dos sintomas cardiovasculares e respiratórios, como tosse, cansaço, falta de ar e respiração ofegante na população em geral. Risco de mortes prematuras de pessoas com doenças respiratórias e cardiovasculares. Risco de agravos à gestação
Crítica	400 ou maior	Sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas com doenças cardiovasculares e respiratórias

Fonte: FEPAM.

A rede de monitoramento automático da FEPAM contempla a medida dos principais poluentes constantes na resolução do CONAMA nº 003/1990: partículas inaláveis inferiores a 10 micra (PI₁₀), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂) e ozônio (O₃). A fumaça e partículas totais em suspensão também são poluentes listados na mesma resolução, mas não são parâmetros utilizados pela rede automática da FEPAM para elaboração do IQAr.

Cada concentração de poluente medido corresponde a um índice de qualidade do ar, sendo que o valor mais elevado prevalece sobre os demais para classificação do ar e identificação do poluente mais crítico. Assim, cada faixa de índice corresponde a uma faixa de concentração que varia de um poluente para outro. A Tabela 7 apresenta as faixas de equivalências de concentrações e índices de qualidade respectivos para os poluentes monitorados pela rede automática.

Tabela 7: Índices de qualidade e faixas de concentração correspondente por poluente.

Qualidade	Índice	PI10 (µg/m ³)	SO2 (µg/m ³)	NO2 (µg/m ³)	CO (ppm)	O3 (µg/m ³)
 Boa	0-50	0-50	0-80	0-100	0-4,5	0-80
 Regular	51-100	51-150	81-365	101-320	4,6-9,0	81-160
 Inadequada	101-199	151-249	366-799	321-1129	9,1-14,9	161-399
 Má	200-299	250-419	800-1599	1130-2259	15,0-29,9	400-799
 Péssima	300-399	420-499	1600-2099	2260-2999	30,0-39,9	800-999
 Crítica	400 ou maior	≥ 500	≥ 2100	≥ 3000	≥ 40	≥ 1000

Fonte: FEPAM.

7 REDE DE MONITORAMENTO AUTOMÁTICO

7.1 Histórico

O histórico da Rede Automática de monitoramento da Qualidade do Ar da FEPAM pode ser acessado no Relatório da Qualidade do Ar 2003-2012, disponível do site da FEPAM.

As estações de monitoramento que apresentaram registros nos anos de 2013-2014 estão descritas na Tabela 8.

Tabela 8: Parâmetros e localização das estações.

Município	Estação	Coord. (UTM)	Parâmetros monitorados	
			Poluentes	Meteorológicos
Canoas	V COMAR	482455 6688924	PI ₁₀ , SO ₂ , O ₃	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
	Parque Universitário ¹	486058 6694064	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x , HCs	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
Sapucaia do Sul	SESI	484616 6701358	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
Triunfo	DEPREC ²	433124 6687563	SO ₂ , NO _x	---
Esteio	Vila Ezequiel ¹	482740 6696808	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x , HCs, TRS	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
Gravataí	Jardim Timbaúva ³	501200 6689656	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x , HCs	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV
Charqueadas	Arranca Toco ²	439121 6686119	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x	---
Guaíba	Parque 35 ⁴	468013 6668537	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃ , NO _x , PTS, TRS	P, T, UR, RG, UVA, DV e VV

1- Estações de propriedade, mantidas e operadas pela Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP);

2- Estações de propriedade, mantidas e operadas pela Tractebel Energia;

3- Estação doada pela General Motors do Brasil (GM) à FEPAM;

4 - Estação de propriedade, mantida e operada pela CMPC Celulose Riograndense;

Fonte: Elaborado pelo Autor.

7.2 Estações de monitoramento da Rede Ar do Sul

Os pontos de monitoramento onde estão localizadas as estações da rede automática podem ser agrupados segundo a influência do tipo de fonte predominante: veicular, urbana ou industrial. Isto não significa que a influência é exclusiva de uma ou de outra origem, mas o objetivo é apenas destacar a contribuição da poluição predominante.

As estações Estação Canoas/V COMAR, Estação Sapucaia/SESI e Estação Guaíba/Parque 35 não possuem série de dados com representatividade suficiente, mas são apresentadas as características de seu entorno.

Desta maneira, são apresentados a seguir os locais onde estão instaladas as estações de monitoramento e as características de seu entorno.

7.2.1 *Estação Canoas/V COMAR*

Está localizada junto a Vila Militar do Quartel General do V Comando Aéreo Regional, apresenta influência urbana, devido à ocupação por moradias em seu entorno, e veicular, por se localizar a aproximadamente 400 m à jusante do vento predominante em relação à via de tráfego intenso de caminhões, ônibus e automóveis. Em segundo plano pode ser considerada a influência industrial, pois no setor norte do município há o parque industrial que conta com a Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP) e outras indústrias (Figura 4).

7.2.2 *Estação Sapucaia/SESI*

Estava localizada na sede do SESI, sob influência industrial em seu entorno, a principal delas é a Gerdau (siderúrgica), além de ocupação para moradias no entorno, e veicular por estar a aproximadamente 900 m à montante do vento predominante em relação à via de intenso tráfego de caminhões, ônibus e automóveis (Figura 4).

7.2.3 *Estação Gravataí/JT*

Estação localizada junto ao bairro residencial Jardim Timbaúva, na periferia da cidade, com pouco trânsito de veículos, a aproximadamente 7 km à jusante do vento predominante (SE) em relação à General Motors do Brasil (GM), além de outras empresas em distâncias menores. Apresenta influência industrial e urbana (Figura 4).

7.2.4 *Estação Canoas/PU*

Estação pertencente à REFAP, localizada a 2 km à montante do vento predominante (SE) em relação a esta, além de outras indústrias. Em seu entorno existe ainda a ocupação urbana para moradia. Sofre influência industrial e em segundo plano, urbana (Figura 4).

7.2.5 *Estação Esteio/VE*

Estação pertencente à REFAP, localizada a 1,5 km à jusante do vento predominante em relação a esta, além de outras indústrias. Em seu entorno existe ainda influência de via de

intenso tráfego (rodovia BR-116) de caminhões, ônibus e automóveis, e a ocupação urbana para moradia. Sofre influência industrial e veicular, e em menor grau, urbana (Figura 4).

7.2.6 *Estação Charqueadas/AT*

Estação pertencente à Tractebel Energia, instalada a cerca de 700 m à jusante do vento predominante (E), em relação à usina de energia pertencente a esta, e dentro do perímetro urbano de Charqueadas, próximo ao centro. Apresenta influência industrial e em segundo plano, urbana. Deve ser considerado também que o município de Charqueadas localiza-se à jusante do vento predominante (cerca de 40 km) em relação à RMPA, e sofre influência da pluma de poluentes atmosféricos emitidos pela mesma (Figura 4).

7.2.7 *Estação Triunfo/DEPREC*

Estação também pertencente à Tractebel Energia, instalada a cerca de 7 km à jusante do vento predominante (E) em relação à usina de energia pertencente a esta, em área de bosque. Apresenta influência industrial. Deve ser considerado também que o município de Triunfo localiza-se à jusante do vento predominante (cerca de 47 km) em relação à RMPA, e sofre influência da pluma de poluentes atmosféricos emitidos pela mesma (Figura 4).

7.2.8 *Estação Guaíba/Parque 35*

Estação pertencente à CMPC – Celulose Riograndense, instalada a aproximadamente 2,5 km à jusante do vento predominante (SE) em relação a esta indústria, em área com baixa densidade populacional que representa o limite da área urbana com a área rural (Figura 4). Devido a estas características pode se concluir que é uma estação com forte influência industrial, mas que sofre moderada influência urbana, devido à proximidade do centro de Guaíba (1,5 km a leste) e da pluma urbana representada pela zona sul de Porto Alegre (na outra margem do Lago Guaíba).

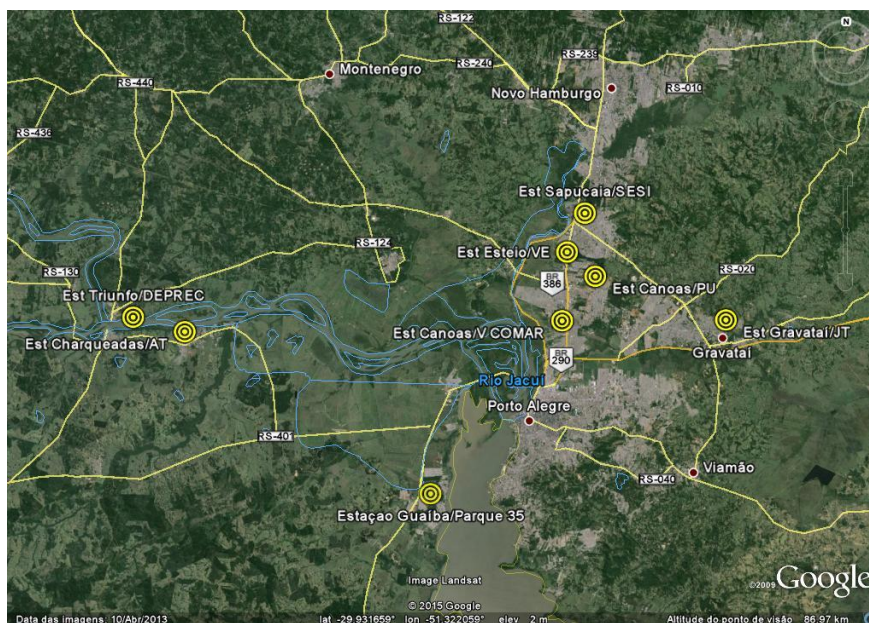


Figura 4: Localização das estações Canoas/V COMAR, Canoas/PU, Esteio/VE, Sapucaia/SESI, Gravataí/JT, Guaíba/Parque35, Charqueadas/AT e Triunfo/DEPREC.
 Fonte: Adaptado do Google Earth.

7.3 Dados de qualidade do ar

7.3.1 Representatividade dos dados de qualidade do ar

O estabelecimento de critérios de representatividade de dados é de extrema importância em todos os sistemas de monitoramento. Os resultados obtidos em redes automáticas de monitoramento podem conter lacunas no banco de dados gerados, que poderão ser devidas a diversos fatores desde falhas operacionais, problemas de manutenção dos equipamentos, *softwares*, comunicação, energia, etc. Portanto, a adoção e sistematização destes critérios garantem a confiabilidade dos referidos resultados.

Os critérios de representatividade de dados empregados para elaboração deste relatório são apresentados na Tabela 9, para o cálculo da média anual.

Tabela 9: Critérios de representatividade de dados.

MÉDIA	REDE AUTOMÁTICA
Horária	3/4 das medidas válidas na hora
Diária	2/3 das médias horárias válidas no dia
Anual	1/2 das médias válidas no ano

Fonte: Elaborado pelo autor.

7.3.2 Disponibilidade dos dados da rede de qualidade do ar

O Boletim de Qualidade do Ar das estações automáticas de monitoramento é divulgado diariamente no *site* da FEPAM (<http://www.fepam.rs.gov.br/>). O período de 24 h considerado para fins de Boletim da Qualidade do Ar considera os dados coletados entre as 16:00 h do dia anterior até as 16:00 h do dia da publicação do Boletim. Considera-se na análise para cada poluente para a geração do índice os seguintes critérios:

- SO₂ – médias aritméticas de 24 horas;
- PI₁₀ – médias aritméticas de 24 horas;
- NO₂ – máxima diária das médias de 1 hora;
- O₃ – máxima diária das médias de 1 hora;
- CO – máxima média móvel de 8 horas diária.

8 ANÁLISE DOS DADOS

8.1 Índice de qualidade do ar (IQAr)

O índice de qualidade do ar em 2013 no Rio Grande do Sul, analisado em seis estações que estavam em operação na Rede Ar do Sul, mostrou que aproximadamente 81,6% dos dias apresentaram qualidade do ar boa, cerca de 17,4% qualidade regular e cerca de 1,1% qualidade inadequada, conforme pode ser visto na Tabela 10. Deve-se ressaltar que na estação Sapucaia apenas 7 dias tiveram monitoramento com dados válidos e na estação de Gravataí foram 174 dias.

É possível verificar que todos os dias com qualidade inadequada registrados em 2013 ocorreram na estação de Charqueadas. A análise destes registros mostra que todos foram decorrentes do poluente ozônio, nos meses de verão, principalmente em dezembro.

Tabela 10: Índice de qualidade do ar em 2013.

2013 (TOTAL)	Charqueadas	Triunfo	Canoas	Sapucaia	Esteio	Gravataí	TOTAL (%)
Nº dias IQAr BOM	129	234	208	7	227	172	81,6
Nº dias IQAr REGULAR	96	0	65	0	45	2	17,4
Nº dias IQAr INADEQUADO	13	0	0	0	0	0	1,1
Nº dias IQAr Má	0	0	0	0	0	0	0
Nº dias IQAr Péssimo	0	0	0	0	0	0	0,0
Nº dias IQAr Crítico	0	0	0	0	0	0	0,0
TOTAL DE DIAS COM IQAr AVALIADO	238	234	273	7	272	174	---

Fonte: Elaborado pelo autor.

Comportamento similar pode ser observado em 2014, onde cerca de 80,8% dos dias apresentaram qualidade do ar boa, cerca de 16,3% qualidade regular e cerca de 2,8% qualidade inadequada, conforme pode ser visto na Tabela 11. Destaca-se que em 2014 houve a inclusão na rede Ar do Sul das estações de monitoramento de Guaíba e Canoas (V-COMAR) a partir do mês de julho e novembro, respectivamente, sendo que estas duas estações monitoraram somente 31 dias no caso de Canoas (V-COMAR) e 159 dias no caso de Guaíba. Por outro lado, a estação de Sapucaia parou de operar.

Os dias com qualidade do ar classificada como inadequada ocorreram em Charqueadas (48 dias), Canoas (1 dia) e Guaíba (1 dia), todos decorrente de elevada concentração do poluente ozônio, basicamente nos meses de verão.

Tabela 11: Índice de qualidade do ar em 2014.

2014 (TOTAL)	Charqueadas	Triunfo	Canoas	Canoas (V-COMAR)	Esteio	Gravatá	Guaíba	TOTAL (%)
Nº dias IQAr BOM	122	300	277	30	314	285	107	80,8
Nº dias IQAr REGULAR	123	0	68	1	43	4	51	16,3
Nº dias IQAr INADEQUADO	48	0	1	0	0	0	1	2,8
Nº dias IQAr Má	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Nº dias IQAr Péssimo	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Nº dias IQAr Crítico	0	0	0	0	0	0	0	0,0
TOTAL DE DIAS COM IQAr AVALIADO	293	300	346	31	357	289	159	---

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em termos de episódios críticos de poluição do ar em 2013 e 2014, conforme se pode observar nas tabelas 10 e 11, respectivamente, não houve nenhum registro de evento em que a qualidade do ar atingisse o nível de “Má” ou pior.

8.2 Dados do Monitoramento

Para o cálculo das médias das concentrações de cada poluente, os valores de concentração obtidos abaixo do limite de detecção foram considerados para efeito de cálculo como a metade do limite de detecção do respectivo analisador.

Nas tabelas contendo as médias anuais dos poluentes, as células sem dados indicam ausência do analisador na estação ou que o mesmo não forneceu nenhum dado válido no período ou que o analisador esteve fora de operação no referido período por problemas técnicos. Os dados em vermelho nas tabelas indicam que o valor médio calculado para o ano não atendeu o critério de representatividade anual (>50% de dados), mas foram mantidos para registro e avaliação de tendência.

8.2.1 Ozônio (O₃)

A Tabela 12 apresenta a média horária anual de ozônio para os anos de 2013, 2014 e de anos anteriores de forma a facilitar a análise da evolução deste poluente no Estado.

Observa-se um aumento na média geral das concentrações de ozônio troposférico a partir de 2012, que está diretamente atrelada a entrada dos dados oriundos da estação de Charqueadas/AT. Se considerarmos somente os dados das estações Canoas/PU e Esteio/VE, a concentração média anual de ozônio não apresentou aumento em 2013 e 2014, ficando no mesmo patamar dos valores obtidos nos anos anteriores.

Tabela 12: Concentração média horária anual de O₃, por estação por ano.

O ₃ - MÉDIA HORÁRIA ANUAL – µg/m ³												
ESTAÇÃO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
POA/Rodoviária	4,0	3,1	4,2	13,3	13,6	14,3	12,2	8,9				
POA/ESEF	18,0	16,6	20,6	16,8	21,9	18,8	20,1	19,6				
POA/Bombeiros	17,6	13,3	10,6	17,5	13,6	14,6	13,3	8,8				
Canoas/V COMAR	5,4	15,7	24,8	22,4	25,6	26,2	21,7	16,8				
Canoas/PU		19,6	18,2	31,6	25,1	30,2	31,6	27,6	25,5	29,0	26,6	25,6
Esteio/VE		21,5	13,8	24,6	28,5	20,9	22,6	22,9	23,3	22,1	23,0	23,7
Sapucaia/SESI	21,7	13,4	10,3	19,0	22,1	19,5	18,0	11,8				
Caxias/SENAI				42,4	31							
Triunfo/Polo	26,2	24,6	23,7	27,4	24,6	22,8	11,0					
Triunfo/DEPREC												
Móvel/Santa Maria		15,4	14,2	12,9								
Móvel/Rio Grande	32,0											
Gravataí/JT								19,3	21,6	21,2		
Charqueadas/AT									50,4	46,5	47,2	65,2
Guaíba/Parque 35												38,9
MÉDIA GERAL*	19,9	14,6	15,6	20,6	21,9	20,9	18,8	19,8	24,4	32,5	32,3	38,2

* Valores em vermelho não incluídos na Média Geral

Fonte: Elaborado pelo autor.

A máxima média horária anual de ozônio para cada uma das estações é apresentada na Tabela 13. Verifica-se que a concentração média horária mais elevada de ozônio ocorreu na estação de Charqueadas/AT, e que nas demais estações da região metropolitana os valores foram similares.

Tabela 13: Concentração máxima horária de ozônio, por estação por ano.

O ₃ - Concentração Máxima Horária Anual - µg/m ³		
ESTAÇÃO	2013	2014
Canoas/PU	142,6	166,2
Esteio/VE	136,3	146,3
Guaíba / Parque 35	---	175,6
Charqueadas/AT	282,1	390,8

Fonte: Elaborado pelo autor.

A resolução CONAMA nº 003/1990 estabelece que o padrão de qualidade do ar, tanto o primário quanto o secundário, para ozônio é de 160 µg/m³ (média horária) e que o mesmo não deve ser ultrapassado mais de uma vez por ano. Entretanto, na estação Charqueadas houve 67 ultrapassagens do padrão em 2013 e 433 ultrapassagens do padrão em 2014 o que representou, respectivamente, 13 e 48 dias de IQAr classificado como inadequado, uma vez que em alguns dias a concentração máxima horária de ozônio registrada permaneceu elevada por várias horas, o que acarretou várias ultrapassagens do padrão horário em um mesmo dia.

Também, em 2014, houve uma ultrapassagem do padrão de qualidade do ar de ozônio na estação Canoas/PU e outras duas na estação Guaíba/Parque 35.

Considerando que o ozônio é um poluente secundário, cujos precursores podem ter origem a dezenas de quilômetros do seu local de sua formação, é possível que as elevadas concentrações registradas em Charqueadas/AT se devam, além das emissões locais, também às emissões da RMPA e Pólo Petroquímico, conforme abordado no Relatório da Qualidade do Ar 2003-2012, disponível do site da FEPAM.

Analisando o comportamento das concentrações de O₃ na estação de Charqueadas, é possível observar que o número de ultrapassagens tem aumentado consideravelmente desde que se iniciou o monitoramento nesta região, tendo sido registrados 3 ultrapassagens do padrão em 2012, 67 em 2013 e 433 em 2014. A seguir são apresentadas as análises meteorológicas para os episódios de concentração máxima média horária para os anos de 2013 e 2014.

No dia 09/12/2013, às 15h local, a concentração máxima média horária do poluente O₃ foi da ordem de 282 µg/m³. Neste dia uma frente fria com atividade fraca encontrava-se sobre o sul do estado, associado a um centro de baixa pressão atmosférica, com 1004 hPa localizado sobre o Paraguai (Figura 5), os ventos eram fracos de noroeste. É possível observar na Figura 6, imagem de satélite das 15h local (18:00 UTC) no espectro do visível, que havia muita nebulosidade (inclusive com características de cumulonimbus) sobre o RS, sobretudo no interior, deslocando-se para leste, aproximando-se da RMPA. A Figura 7 apresenta a plotagem no diagrama SkewT-LogP da sondagem atmosférica também das 9h local (12:00 UTC), realizada no Aeroporto Internacional do Salgado Filho, em Porto Alegre, onde é possível observar que havia uma superadiabática desde a superfície até aproximadamente 200 m de altura. Nestas condições é possível inferir que havia baixa dispersão atmosférica, que pode ter contribuído para a formação de ozônio no dia 09/12/2013, na parte da manhã até o meio da tarde, pois havia incidência de radiação solar, e a instabilidade nos baixos níveis da atmosfera, que proporcionou a mistura dos gases precursores. A partir das 15h a nebulosidade aumentou, diminuindo a incidência de radiação solar, e ocorreram pequenos períodos de precipitação fraca, que contribuiram para o abatimento do ozônio troposférico formado até então.

GDAS1 MAP

DATA INITIAL TIME: 08 DEC 2013 00Z NOAA AIR RESOURCES LABORATORY
 MAP VALID ON: 09 DEC 2013 18Z (+ 42 HR) READY Web Server

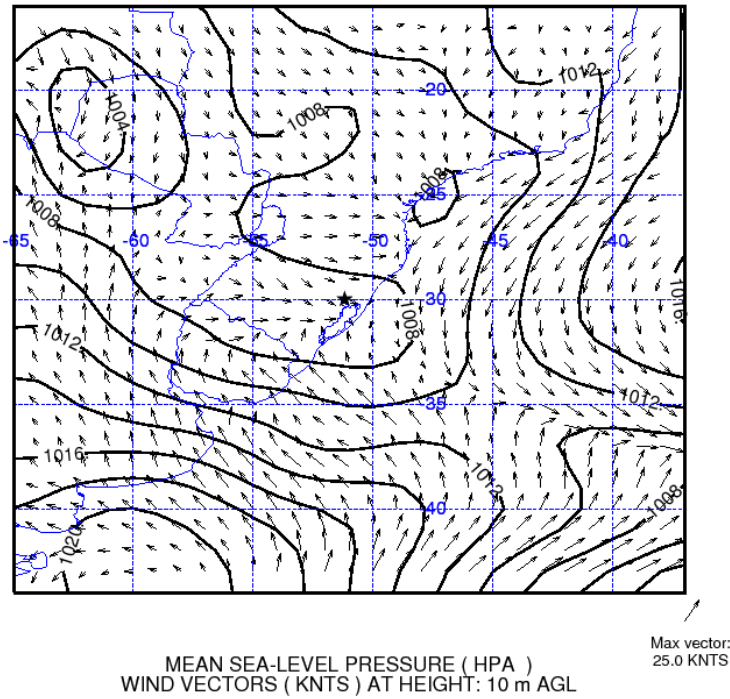


Figura 5: Carta de superfície do dia 09/12/2013, as 15h local (18:00 UTC), contendo isóbaras ao nível médio do mar e vetores do vento a 10 m de altura.
 Fonte: ARL/NOAA.

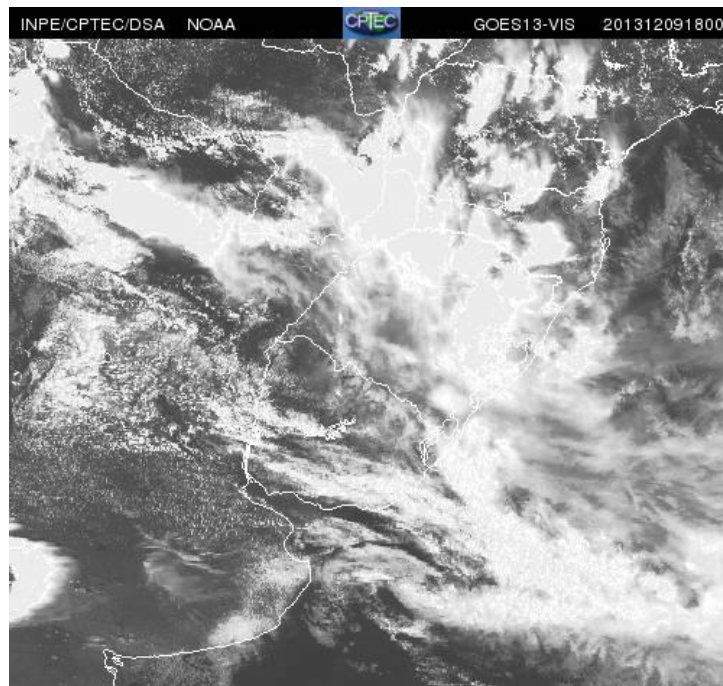


Figura 6: Imagem do Satélite GOES-13 do dia 09/12/2013, as 15h local (18:00 UTC), no espectro do visível.
 Fonte: CPTEC/INPE.

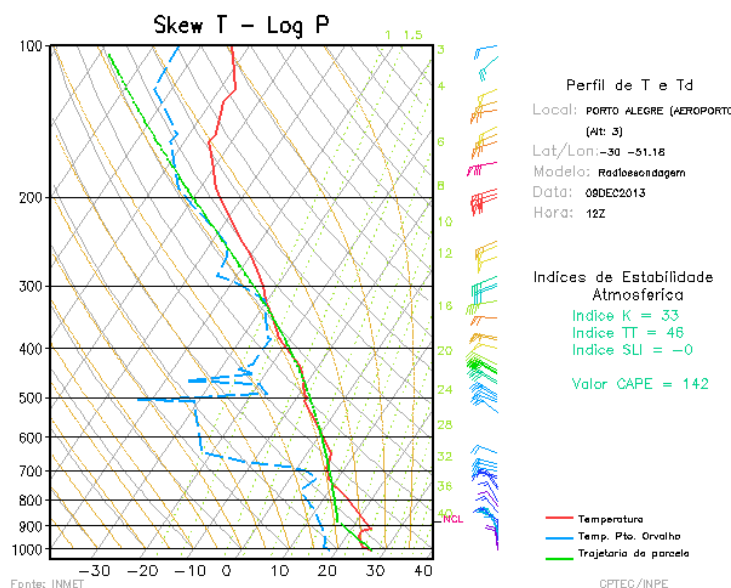


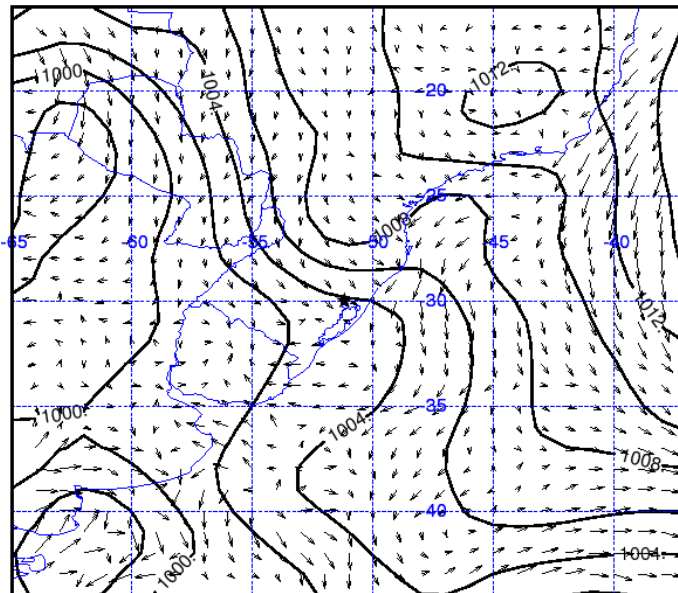
Figura 7: Plotagem da radiossondagem da atmosfera no diagrama SkewT-LogP dia 09/12/2013, as 9h local (12:00 UTC).

Fonte: CPTEC/INPE.

No dia 31/12/2014, às 18h local, a concentração máxima média horária do poluente O_3 foi da ordem de $390 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Neste dia uma linha de cavado com atividade fraca encontrava-se sobre o sul do estado, associado a um centro de baixa pressão atmosférica, com 998 hPa localizado sobre norte da Argentina (Figura 8), os ventos eram fracos de noroeste, e as temperaturas eram altas. É possível observar na Figura 9, imagem de satélite das 18h local (21:00 UTC) no espectro do visível, que havia muita nebulosidade e até trovoadas no norte do RS, mas que no centro-sul do Estado, inclusive na RMPA a nebulosidade era pequena. A Figura 10 apresenta a plotagem no diagrama SkewT-LogP da sondagem atmosférica também das 9h local (12:00 UTC), realizada no Aeroporto Internacional do Salgado Filho, em Porto Alegre, onde é possível observar que não havia presença de frentes, nem inversões de temperatura. Provavelmente o aquecimento e alta incidência de radiação solar, associada aos ventos fracos, tenham proporcionado as condições necessárias para a formação de ozônio troposférico. Este fenômeno começou a perder força a partir das 18h local, devido a diminuição da incidência de radiação solar e temperaturas na superfície.

GDAS1 MAP

DATA INITIAL TIME: 29 DEC 2014 00Z NOAA AIR RESOURCES LABORATORY
 MAP VALID ON: 31 DEC 2014 21Z (+ 69 HR) READY Web Server



MEAN SEA-LEVEL PRESSURE (HPA)
 WIND VECTORS (KNTS) AT HEIGHT: 10 m AGL

Max Vector:
 24.6 KNTS

Figura 8: Carta de superfície do dia 31/12/2014, as 18h local (21:00 UTC), contendo isóbaras ao nível médio do mar e vetores do vento a 10m de altura.

Fonte: ARL/NOAA.

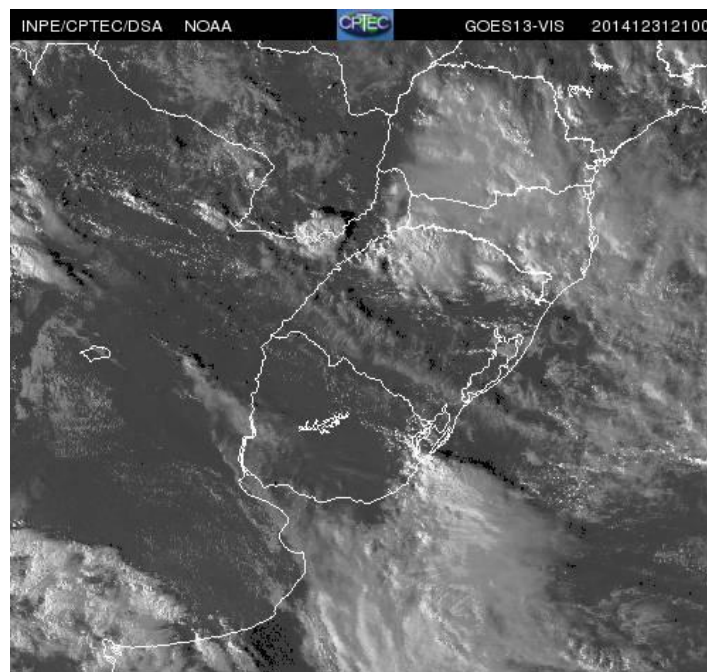


Figura 9: Imagem do Satélite GOES-13 do dia 31/12/2014, as 18h local (21:00 UTC), no espectro do visível.

Fonte: CPTEC/INPE.

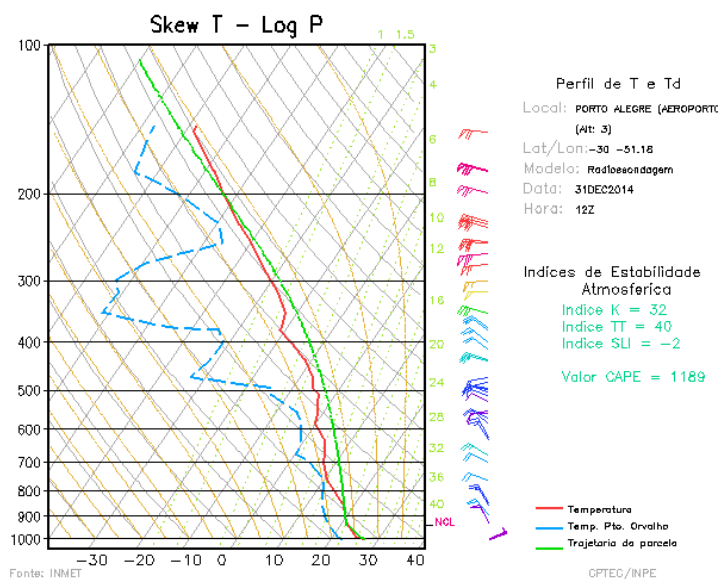


Figura 10: Plotagem da radiossondagem da atmosfera no diagrama SkewT-LogP dia 31/12/2014, as 9h local (12:00 UTC).
 Fonte: CPTEC/INPE.

Em termos de distribuição da concentração horária de ozônio durante o dia, a Figura 11 ilustra esta distribuição, considerando a média aritmética anual obtida para todas as estações em que houve dados de monitoramento do poluente.

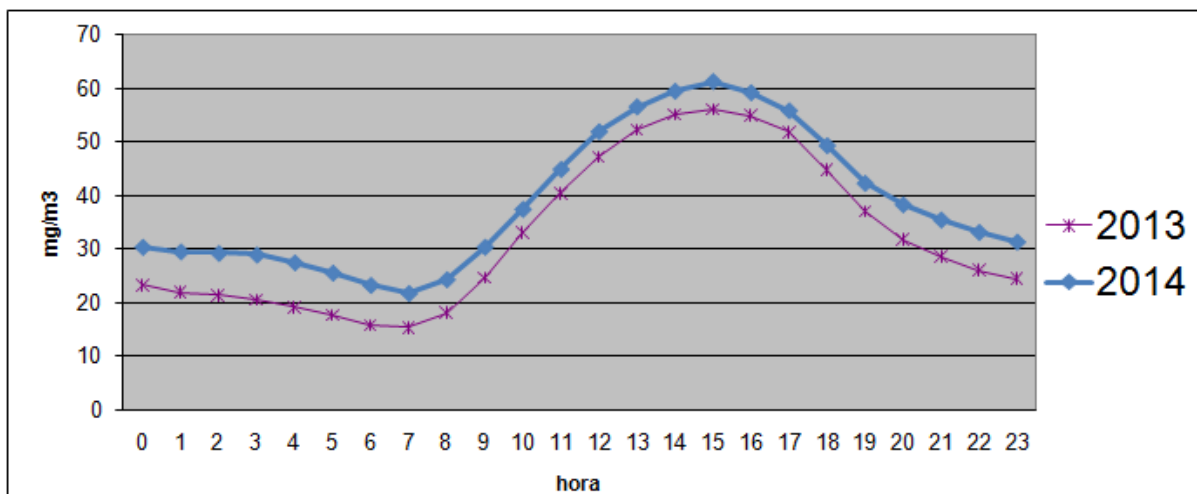


Figura 11: Concentração média horária de ozônio ao longo do dia, por ano.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que as maiores concentrações médias horárias de ozônio ocorrem a partir das 11h, período em que a intensidade de radiação solar chega próximo ao seu pico, até as 19h, que coincide com o pôr do sol.

8.2.2 Partículas inaláveis (PI₁₀)

A Tabela 14 apresenta a média diária anual de Partículas Inaláveis, com diâmetro aerodinâmico inferiores a 10 micra, para os anos de 2013 e 2014 e anos anteriores para fins de tendência.

Observa-se que a concentração média geral tem um decréscimo acentuado em 2014, decorrente do ingresso dos dados da estação de Gravataí. Analisando somente as estações com dados válidos nos últimos cinco anos, pode-se perceber que há uma leve tendência a redução da média anual do PI, que entre 2010 e 2013 ficava acima dos 30 µg/m³ e passou a ficar abaixo deste patamar em 2014.

Tabela 14: Concentração média diária anual de PI₁₀, por estação por ano.

PI10 – MÉDIA DIÁRIA ANUAL – µg/m ³												
ESTAÇÃO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
POA/Rodoviária	35,0	44,4	49,5	42,0	44,7							
POA/ESEF	18,5	27,4	22,1	23,0	18,0							
POA/Bombeiros	25,4	20,1	23,1	16,1	24,0							
Canoas/V COMAR	22,7	17,3	18,0									31,2
Canoas/PU		8,5	12,2	44,1	38,6	35,3	33,6	38,9	34,7	36,9	33,4	29,1
Esteio/VE		10,4	23,1	19,5	24,9	23,8	23,9	23,2	26,3	27,1		
Sapucaia/SESI	25,7	28,7	29,7	31,9						51,8	34,4	
Caxias/SENAI	32,3	28,9	24,6	28,1								
Triunfo/Polo	16,1	12,9	13,9	9,6								
Triunfo/DEPREC												
Móvel/Santa Maria		39,5	31,5	34,2								
Móvel/Rio Grande	19,2											
Gravataí/JT											17,2	16,3
Charqueadas/AT									27,9	33,9	31,8	28,8
Guaíba/Parque 35												28,2
MÉDIA GERAL*	25,2	27,4	26,0	28,1	24,9	29,6	28,8	31,1	30,5	35,4	32,6	24,7

* Valores em vermelho não incluídos na Média Geral

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 15 apresenta as máximas concentrações médias diárias do poluente PI₁₀, por estação nos anos de 2013 e 2014.

Tabela 15: Concentração máxima diária de PI₁₀, por estação por ano.

PI10 – Concentração Máxima Diária Anual- µg/m ³		
ESTAÇÃO	2013	2014
Canoas/PU	140,1	105,0
Canoas/VCOMAR	---	55,5
Sapucaia/SESI	42,5	---
Gravataí/JT	52,5	90,3
Guaíba/Parque 35	---	105,4
Charqueadas/AT	111,1	73,9

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a resolução CONAMA nº 003/1990, os padrões de qualidade do ar para PI_{10} , tanto o primário quanto o secundário, são de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (média diária), que não deve ser ultrapassada mais de uma vez por ano, e de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (média anual). Conforme se observa nas Tabelas 14 e 15, não houve ultrapassagem do padrão de qualidade de PI_{10} em nenhuma das estações de monitoramento.

Em termos de distribuição da concentração horária de PI_{10} durante o dia, a Figura 12 mostra esta distribuição, considerando a média aritmética anual obtida para todas as estações em que houve dados de monitoramento do poluente.

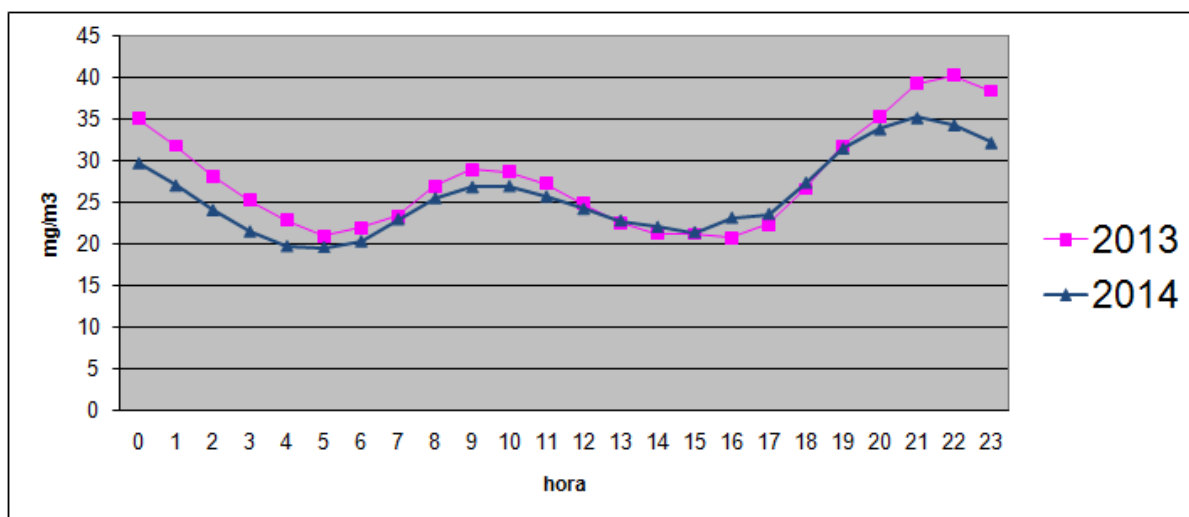


Figura 12: Concentração média horária de PI_{10} ao longo do dia, por ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que ocorrem dois picos de concentrações médias horárias de PI_{10} , um entre 9h e 10h, e outro com maior intensidade à noite, entre 21h e 23h. Estes picos aparentemente são decorrentes dos dois horários de maior trânsito de veículos (*rush*), que ocorrem normalmente entre as 6h e 8h pela manhã, e entre as 18h e 20h no final da tarde. Como o trânsito de veículos tende a ser semelhante nos dois horários, a diferença nos valores de concentração deve-se ao fato que a baixa atmosfera aquece-se pela manhã e faz aumentar a camada de mistura, tendendo a diminuir a concentração final; enquanto que ao final da tarde o fenômeno é o inverso, o resfriamento da baixa atmosfera leva a diminuição da camada de mistura, tendendo a aumentar estas concentrações, além de prolongar sua atuação. Os tempos de atuação destes dois picos de concentração também são diferentes, sendo com duração mais curta pela manhã, e mais longa a tarde, e provavelmente é devido a ação do vento, que é mais

intenso entre o final da manhã e na parte da tarde, enquanto que a noite o vento tende a ser mais fraco e até calmo.

8.2.3 Dióxido de enxofre (SO₂)

A Tabela 16 apresenta a média diária anual do poluente SO₂ para os anos de 2013, 2014 e anos anteriores.

Observa-se que a média geral da concentração de SO₂ apresentou aumento significativo nos anos de 2013 e 2014 em relação aos valores registrados anteriormente. Este acréscimo é devido à inclusão dos dados das Estações Charqueadas/AT e Trinfo/DEPREC no cálculo geral (nos anos anteriores não foram incluídas por não cumprir os critérios de representatividade). Estes valores mais altos de concentração de SO₂ provavelmente estão associados à atividade industrial na região, que apresenta queima de carvão mineral e óleo combustível (Termoelétrica e Siderúrgica). Nas demais Estações com monitores de SO₂, as concentrações apresentaram valores na ordem de 1 a 5 µg/m³, não havendo significantes modificações em seu comportamento em relação aos anos anteriores.

Tabela 16: Concentração média diária anual de SO₂, por estação por ano.

SO ₂ – MÉDIA DIÁRIA ANUAL - µg/m ³												
ESTAÇÃO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
POA/Rodoviária	1,7	1,7	3,4	0,7	0,8	1,0						
POA/ESEF												
POA/Bombeiros	7,2	4,7	4,3									
Canoas/V COMAR	2,0		1,6	2,4	0,7	1,2	1,2					
Canoas/PU		1,4	3,2	5,1	4,5	8,3	2,1	1,8	2,7	2,0	1,5	1,3
Esteio/VE			6,2	13,2	32,5	13,5	5,2	5,6	4,3	5,8	2,8	5,1
Sapucaia/SESI	2,0	1,7	5,0	2,5	2,3	2,8	2,4					
Caxias/SENAI	1,5			1,9	2,1	2,3	2,0					
Triunfo/Polo	0,7		1,1	2,0	2,3	2,2	1,5					
Triunfo/DEPREC									10,6	10,1	11,6	15,6
Móvel/Santa Maria		4,7	3,0									
Móvel/Rio Grande	3,7											
Gravataí/JT								0,6	0,8	0,7	0,7	0,8
Charqueadas/AT									14,6	14,9	12,6	15,2
Guaíba/Parque 35												2,7
MÉDIA GERAL*	2,7	3,2	4,0	4,0	7,4	5,0	2,6	3,7	3,5	3,9	7,1	9,3

* Valores em vermelho não incluídos na Média Geral

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme resolução CONAMA nº 003/1990, os padrões de qualidade do ar primário e secundário para a média diária anual são de 80 e 40 µg/m³, respectivamente. É possível observar que o padrão de qualidade do ar para as concentrações médias anuais não foi ultrapassado nos anos de 2013 e 2014.

A resolução CONAMA nº 003/1990 estabelece que o limite para o padrão primário (média diária) do poluente SO₂ é 365 µg/m³ e para o padrão secundário (média diária) é 100 µg/m³. A Tabela 17 apresenta as máximas concentrações médias diárias de SO₂, por estação nos anos de 2013 e 2014, sendo possível observar que em nenhuma estação houve registro de ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar para médias diárias de SO₂ para os anos de 2013 e 2014.

Tabela 17: Concentração máxima diária de SO₂, por estação por ano.

SO ₂ – Concentração Máxima Diária Anual - µg/m ³		
ESTAÇÃO	2013	2014
Canoas/PU	14,0	12,8
Esteio/VE	18,1	34,5
Triunfo/DEPREC	31,4	29,9
Gravataí/JT	2,7	2,7
Charqueadas/AT	68,9	39,7
Guaíba/Parque 35	---	14,3

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 13 ilustra a distribuição da concentração média horária de SO₂ durante o dia, considerando a média aritmética anual obtida para todas as estações em que houve dados de monitoramento do poluente.

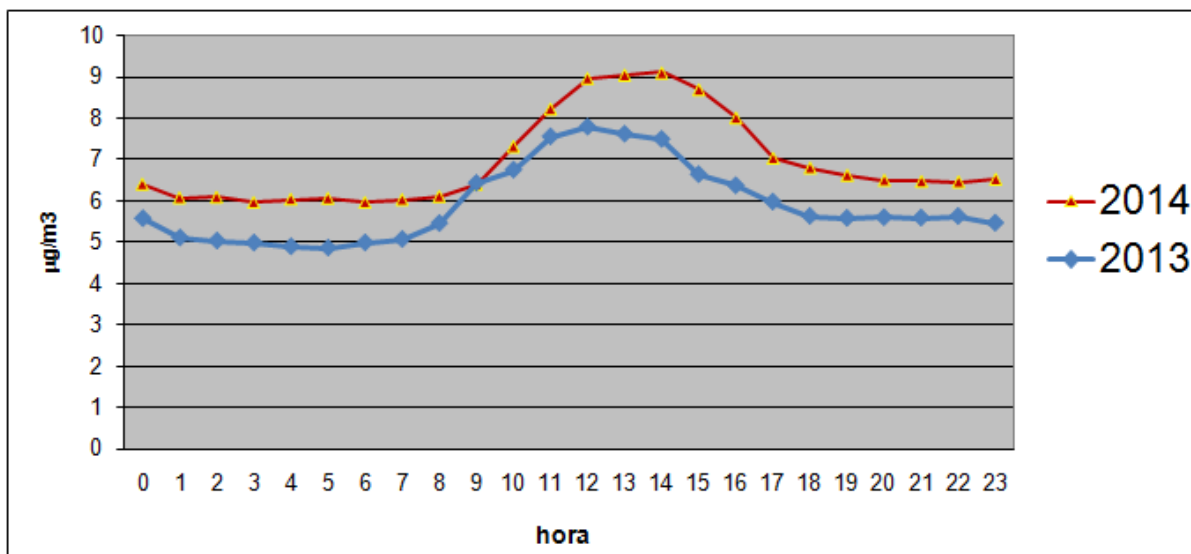


Figura 13: Concentração média horária de SO₂ ao longo do dia, por ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que as maiores concentrações médias horárias de SO₂ ocorrem durante o dia, entre às 10h e 17h.

A análise por estação de monitoramento evidencia que este comportamento não decorre das emissões de fontes móveis, pois a estação de Esteio/PU que tem forte influência veicular mostra comportamento diferente, enquanto que as estações DEPREC e de Charqueadas são as principais responsáveis pela tendência das curvas. As estações Guaíba/Parque 35 e Canoas/PU, que apresentam influência industrial também mostram tal comportamento.

Embora o período em que se observa aumento de SO₂ no ambiente coincida com um aumento de radiação solar, os trabalhos de literatura não mostram correlação entre formação de SO₂ e maior incidência de radiação, pois somente é mencionada a conversão de SO₂ a sulfato, catalisada pela luz solar, mas esta reação acarreta o decréscimo de sua concentração.

Muito provavelmente este aumento de concentração de SO₂ decorre de emissões industriais, que por questões operacionais tem maior emissão durante o turno do dia.

8.2.4 Dióxido de nitrogênio (NO₂)

A Tabela 18 apresenta a média diária anual do poluente NO₂ para os anos de 2013 e 2014, além de anos anteriores.

Tabela 18: Concentração média horária anual de NO₂ por estação por ano.

NO ₂ – MÉDIA HORÁRIA ANUAL - µg/m ³												
ESTAÇÃO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
POA/Rodoviária	29,9	39,3	45,4	46		29,8	26,9					
POA/ESEF												
POA/Bombeiros	27	26,4		91,2		15,5	22,3					
Canoas/V COMAR												
Canoas/PU		7,7	10,3	34,1	29,8	15,0	16,3	10,9		20,1	19,0	
Esteio/VE		13,4	21,1	25,8	29,7	25,6	28,2	23,7		19,9	19,4	19,0
Sapucaia/SESI											19,2	
Caxias/SENAI												
Triunfo/Polo												
Triunfo/DEPREC									3,1	7,0	7,1	7,2
Móvel/Santa Maria		21,6										
Móvel/Rio Grande	13,4											
Gravataí/JT												
Charqueadas/AT									11,3	13,5	12,1	12,0
Guaíba/Parque 35												12,8
MÉDIA GERAL *	13,4			30,0	29,8	15,0	22,3				14,4	12,7

* Valores em vermelho não incluídos na Média Geral

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que os valores de concentração médias horárias obtidas em 2013 e 2014 para NO₂ mantiveram-se no mesmo patamar nas três estações (Esteio/VE, Triunfo/DEPREC e

Charqueadas/AT) em que o mesmo foi monitorado de forma contínua. Pode ser observado, inclusive, que em relação aos anos anteriores (2006-2009) os valores da média geral caíram praticamente pela metade. Sendo o NO₂ influenciado pelas emissões veiculares, principalmente de motores a diesel, esta redução pode ser decorrente do início da fase L-6 do PROCONVE em 2013.

A Tabela 19 contém as concentrações máximas médias horárias de NO₂, por estação de monitoramento e por ano de amostragem.

Tabela 19: Concentração máxima média horária de NO₂ por estação por ano.

NO ₂ – Concentração Máxima Horária Anual - µg/m ³		
ESTAÇÃO	2013	2014
Canoas/PU	180,1	---
Esteio/VE	239,5	236,2
Sapucaia/SESI	51,6	---
Triunfo/DEPREC	93,8	58,2
Charqueadas/AT	109,6	92,1
Guaíba/Parque 35	---	92,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os padrões primário e secundário (máxima média horária) para o poluente NO₂ estabelecidos na resolução CONAMA nº 003/1990 são 320 µg/m³ e 190 µg/m³, respectivamente. Houve três ultrapassagens do padrão secundário, todas na estação Esteio/VE, sendo duas em 2013 (nos dias 10/07/13 às 10h e 23/01/13 às 7h) e uma em 2014 (no dia 11/06/14 às 11h), cujas análises em conjunto com as condições meteorológicas é apresentada a seguir.

No dia 10/07/2013, às 10h local, a concentração máxima média horária do poluente NO₂ foi de cerca de 239 µg/m³. Neste dia uma frente semi-estacionária encontrava-se sobre o Uruguai, e um centro de alta pressão atmosférica, com 1028 hPa, encontrava-se no Oceano Atlântico a leste do RS e SC, atuando como bloqueio ao deslocamento desta frente o vento sobre a RMPA era fraco de norte (Figura 14). É possível observar na Figura 15, imagem de satélite das 9h local (12:00 UTC) no espectro do visível, que havia poucas nuvens sobre o RS, com exceção da faixa litorânea. A Figura 16 apresenta a plotagem no diagrama SkewT-LogP da sondagem atmosférica também das 9h local (12:00 UTC), realizada no Aeroporto Internacional do Salgado Filho, em Porto Alegre, onde é possível observar que havia uma forte inversão térmica junto a superfície. Nestas condições é possível inferir que havia baixa dispersão atmosférica, que pode ter contribuído para o aumento das concentrações de NO₂ no dia 10/07/2013, na parte da manhã, e que o aumento da temperatura na superfície fez com que

fosse rompida a inversão térmica, com o aumento da espessura da camada de mistura, diminuindo as concentrações deste poluente.

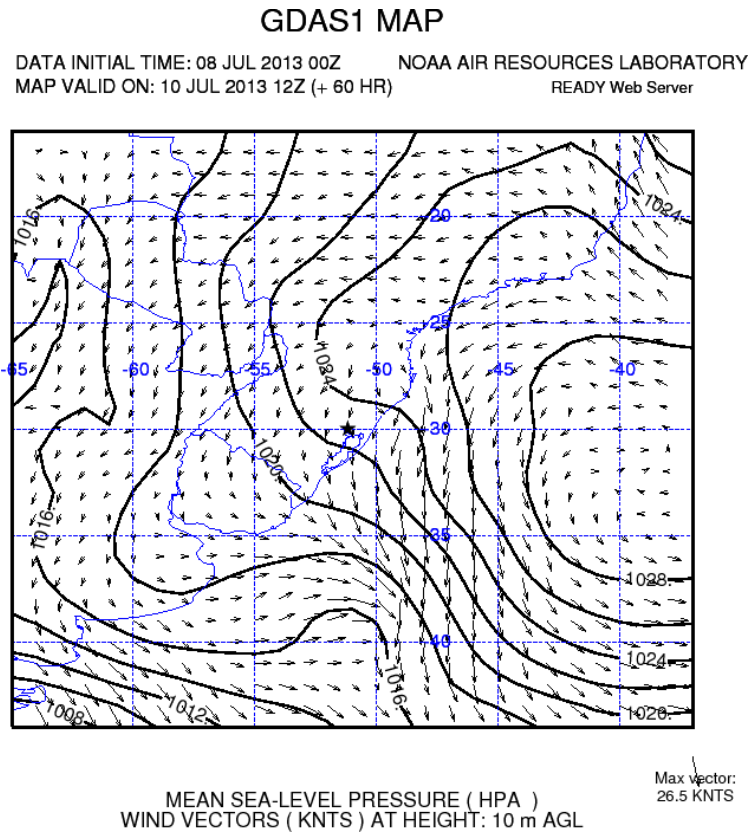


Figura 14: Carta de superfície do dia 10/07/2013, as 9h local (12:00 UTC), contendo isóbaras ao nível médio do mar e vetores do vento a 10m de altura.

Fonte: ARL/NOAA.

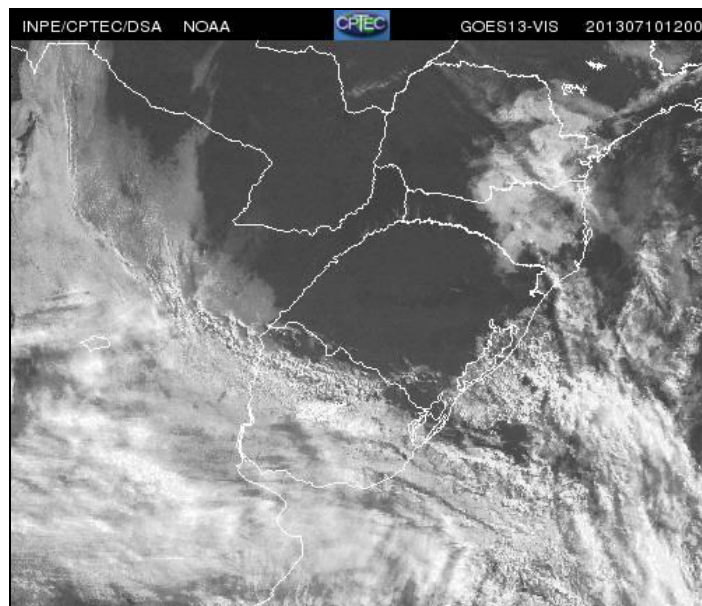


Figura 15: Imagem do Satélite GOES-13 do dia 10/07/2013, as 9h local (12:00 UTC), no espectro do visível.

Fonte: CPTEC/INPE.

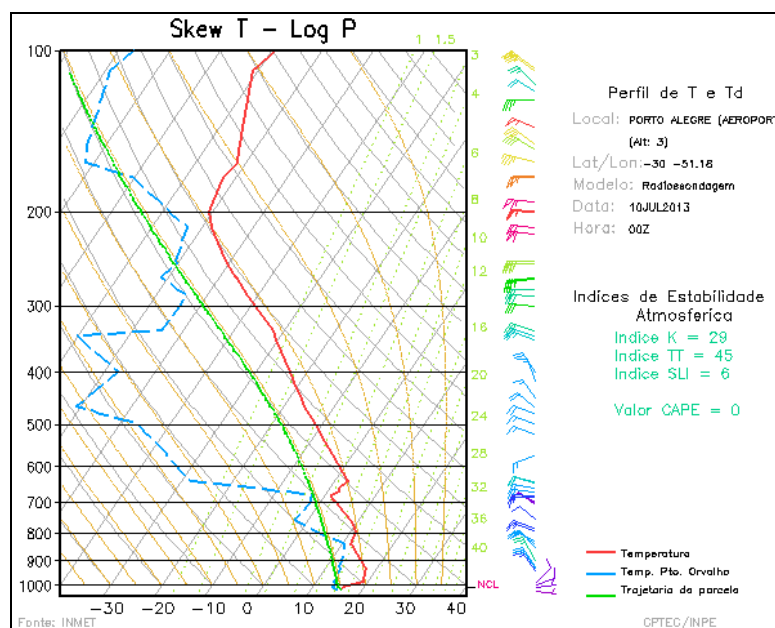


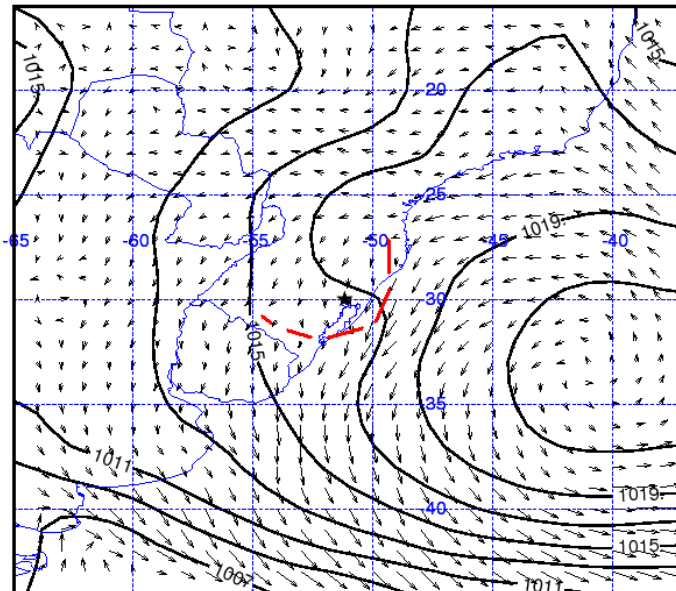
Figura 16: Plotagem da radiossondagem da atmosfera no diagrama SkewT-LogP dia 10/07/2013, as 9h local (12:00 UTC).

Fonte: CPTEC/INPE.

No dia 23/01/2013, às 7h local, a concentração máxima média horária do poluente NO_2 foi da ordem de $194 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Como é possível observar na Figura 17, neste dia havia um centro de alta pressão atmosférica, com 1021 hPa, no oceano a leste do RS, os ventos eram de norte/nordeste com intensidade fraca a moderada e nenhum sistema frontal atuava sobre ou próximo ao RS. É possível observar apenas uma linha de cavado que se estende do litoral do leste para sudeste do Estado (linha tracejada em vermelho). As observações meteorológicas de superfície da estação do INMET, instalada em Porto Alegre, indicam que no começo da manhã os ventos eram fracos com direção variável. Havia apenas alguns aglomerados de nuvens baixas na região central do Estado e principalmente na fronteira com o Uruguai (Figura 18). A plotagem do diagrama SkewT-LogP, das 9h local (12:00 UTC), indicam que havia uma superadiabática junto a superfície, e uma inversão de subsidência aproximadamente 450m de altura (Figura 19). Provavelmente foram estas condições atmosféricas, com instabilidade junto a superfície e estabilidade logo acima, associada a condição de ventos fracos, que proporcionaram o transporte de poluentes do nível das chaminés da REFAP até a superfície, ocorrendo o episódio de pico de concentração. Quando a temperatura da superfície aumentou foi vencida a barreira da inversão de subsidência e os poluentes puderam ser diluídos em uma camada maior de atmosfera, diminuindo as concentrações de NO_2 .

GDAS1 MAP

DATA INITIAL TIME: 22 JAN 2013 00Z NOAA AIR RESOURCES LABORATORY
 MAP VALID ON: 23 JAN 2013 12Z (+ 36 HR) READY Web Server



MEAN SEA-LEVEL PRESSURE (HPA)
 WIND VECTORS (KNTS) AT HEIGHT: 10 m AGL

Max vector:
 23.5 KNTS

Figura 17: Carta de superfície do dia 23/01/2013, as 9h local (12:00 UTC), contendo isóbaras ao nível médio do mar e vetores do vento a 10m de altura.

Fonte: Adaptado de ARL/NOAA.

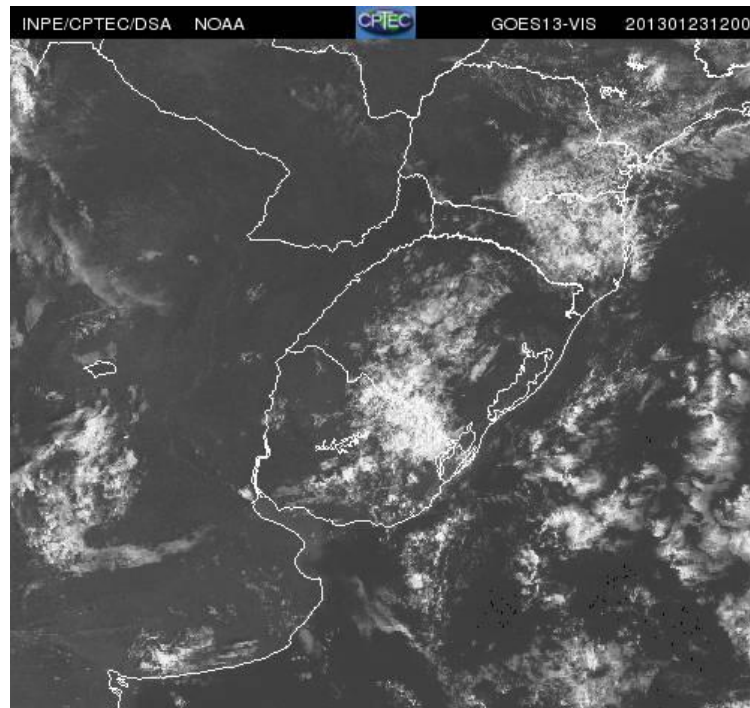


Figura 18: Imagem do Satélite GOES-13 do dia 23/01/2013, as 9h local (12:00 UTC), no espectro do visível.

Fonte: CPTEC/INPE.

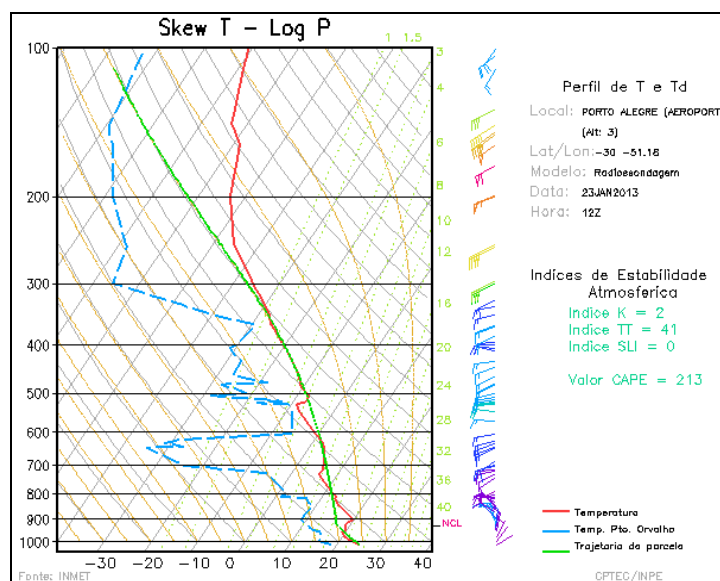


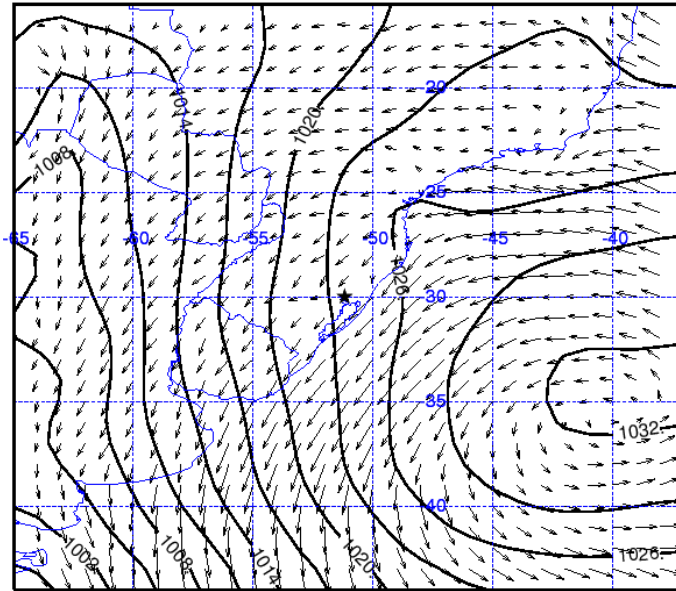
Figura 19: Plotagem da radiossonagem da atmosfera no diagrama SkewT-LogP dia 23/01/2013, as 9h local (12:00 UTC).

Fonte: CPTEC/INPE.

No dia 11/06/2014, às 11h local, a concentração máxima média horária do poluente NO_2 chegou a $236 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nenhum sistema frontal encontrava-se sobre ou próximo ao Rio Grande do Sul, mas havia um forte gradiente de pressão entre o litoral e interior do Estado, pois um centro de alta pressão atmosférica, com 1032 hPa, encontrava-se no Oceano Atlântico a leste do RS, e as pressões no oeste do Estado eram da ordem de 1013 hPa. Como resultado o vento sobre a RMPA era fraco de nordeste, mas com rajadas moderadas (Figura 20). É possível observar na Figura 21, imagem de satélite das 11h local (14:00 UTC) no espectro do visível, que havia uma grande concentração de nuvens sobre o oeste do RS e Uruguai, estendendo-se pelo leste da Argentina, evidenciando a formação de um centro de baixa pressão no centro da Argentina, com a condensação da umidade do ar marítimo nessa região. A Figura 22 apresenta a plotagem no diagrama SkewT-LogP da sondagem atmosférica também das 9h local (12:00 UTC), realizada no Aeroporto Internacional do Salgado Filho, em Porto Alegre, onde é possível observar que havia uma forte inversão térmica junto a superfície. Nestas condições é possível inferir que havia baixa dispersão atmosférica, que pode ter contribuído para o aumento das concentrações de NO_2 no dia 11/06/2014, na parte da manhã, e que o aumento da temperatura na superfície fez com que fosse rompida a inversão térmica, com o conseqüente aumento da espessura da camada de mistura, diminuindo as concentrações deste poluente.

GDAS1 MAP

DATA INITIAL TIME: 08 JUN 2014 00Z NOAA AIR RESOURCES LABORATORY
 MAP VALID ON: 11 JUN 2014 12Z (+ 84 HR) READY Web Server



MEAN SEA-LEVEL PRESSURE (HPA)
 WIND VECTORS (KNTS) AT HEIGHT: 10 m AGL

Max. vector:
 26.8 KNTS

Figura 20: Carta de superfície do dia 11/06/2013, as 12h local (15:00 UTC), contendo isóbaras ao nível médio do mar e vetores do vento a 10m de altura. Fonte: ARL/NOAA.

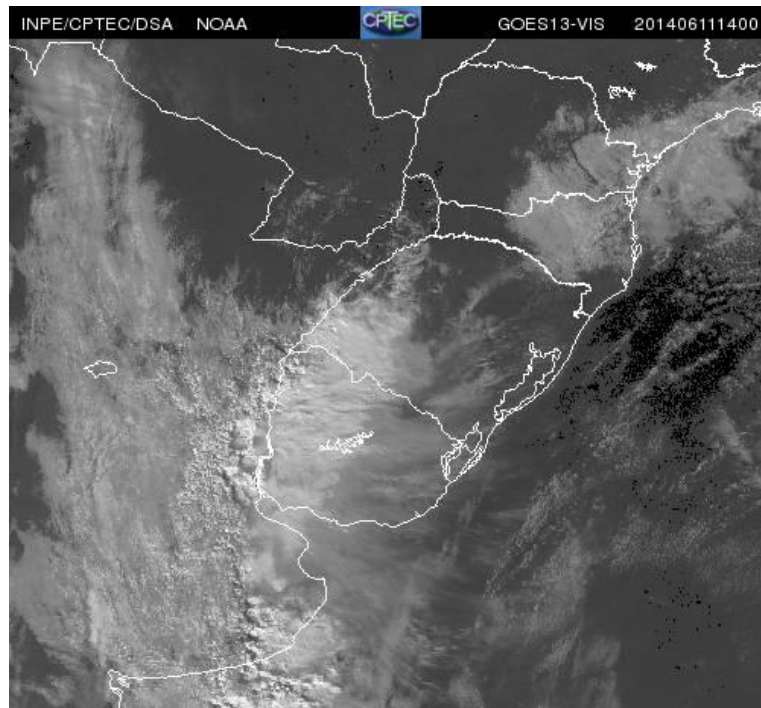


Figura 21: Imagem do Satélite GOES-13 do dia 23/01/2013, as 9h local (12:00 UTC), no espectro do visível. Fonte: CPTEC/INPE.

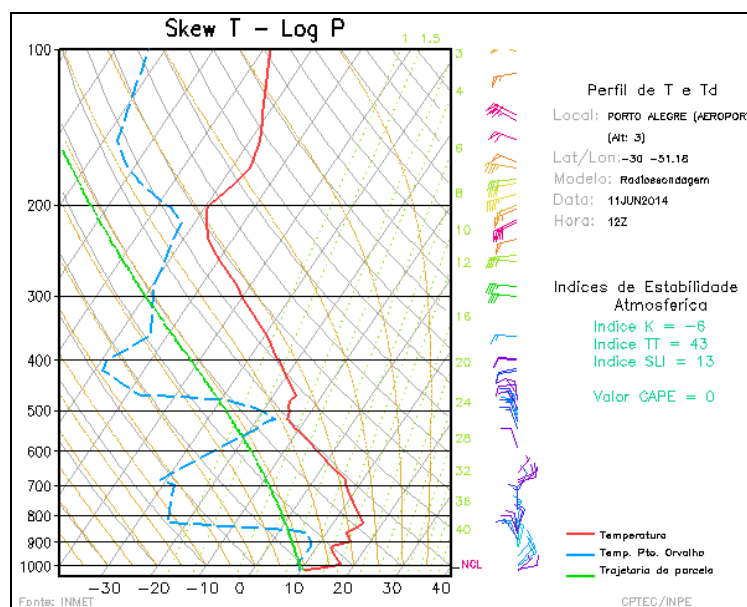


Figura 22: Plotagem da radiosondagem da atmosfera no diagrama SkewT-LogP dia 11/06/2014, as 9h local (12:00 UTC).
 Fonte: CPTEC/INPE.

A Figura 23 mostra a distribuição da concentração horária de NO₂ ao longo do dia, considerando a média aritmética anual obtida para todas as estações em que houve dados de monitoramento do poluente. Observa-se que as concentrações médias horárias de NO₂ apresentam dois picos de máximas concentrações médias horárias, sendo um deles em torno das 9h e outro as 20h, que são horários típicos do aumento do tráfego de veículos. O pico do final da tarde é um pouco maior, provavelmente decorrente do resfriamento da baixa atmosfera, e conseqüente redução da altura da camada de mistura.

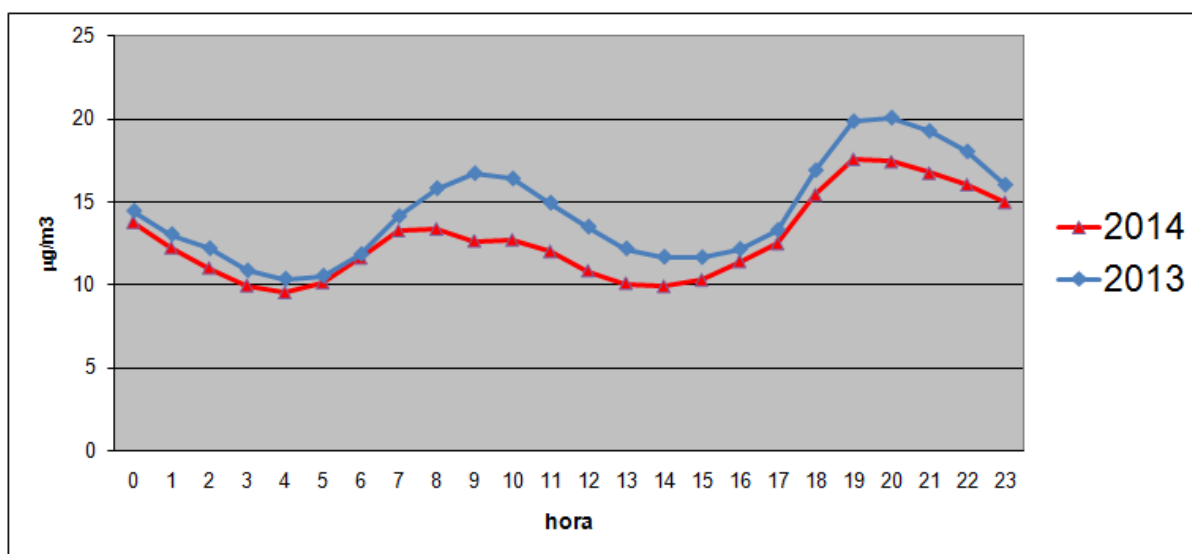


Figura 23: Concentração média horária de NO₂ ao longo do dia, por ano.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

8.2.5 Monóxido de carbono (CO)

A Tabela 20 apresenta a média diária anual do poluente CO para os anos de 2013, 2014 e anos anteriores. Observa-se que, em geral, as concentrações do poluente CO são predominantemente baixas em todas as estações de monitoramento, embora tenha havido um pequeno aumento de 2014 em relação a 2013, principalmente na estação de Charqueadas.

Tabela 20: Concentração média horária anual de CO por estação, por ano.

CO - MÉDIA HORÁRIA ANUAL - ppm												
ESTAÇÃO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
POA/Rodoviária	0,7	0,6	0,6			0,4	0,7	0,6				
POA/ESEF	0,7	0,5	0,6			0,4	0,4					
POA/Bombeiros	0,9	0,8					1,5					
Canoas/V COMAR												
Canoas/PU			0,5	0,6	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,1
Esteio/VE		0,5	0,6	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4	0,9	0,5	0,3	0,4
Sapucaia/SESI	0,6	0,5	0,3	0,5	0,5	1,3	1,5	1,2				
Caxias/SENAI												
Triunfo/Polo			0,5	0,4	0,4							
Triunfo/DEPREC												
Móvel/Santa Maria				1,1								
Móvel/Rio Grande	1,2											
Gravataí/JT								0,2		0,2	0,2	0,2
Charqueadas/AT									0,3	0,3	0,3	0,8
Guaíba/Parque 35												0,6
MÉDIA GERAL*	0,9	0,7	0,6	0,7	0,5	0,4	0,7	0,2	0,5	0,3	0,3	0,4

* Valores em vermelho não incluídos na Média Geral

Fonte: Elaborado pelo autor.

As concentrações máximas horárias anuais e máximas médias móveis de oito horas do poluente CO estão contidas na Tabela 21.

A resolução CONAMA nº 003/1990 estabelece concentrações iguais de CO para os padrões primário e secundário, para médias de uma hora e médias móveis de oito horas, que são de 35 ppm e 9 ppm, respectivamente. Conforme se verifica na Tabela 21, não houve ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar para este poluente nos anos de 2013 e 2014.

Tabela 21: Concentrações máximas médias horárias e móveis de 8 h de CO por estação, por ano.

CO - Concentração Máxima Anual - ppm				
ESTAÇÃO	2013		2014	
	Horária	Média móvel 8 h	Horária	Média móvel 8 h
Canoas/PU	0,7	0,4	3,2	1,4
Esteio/VE	3,8	2,2	5,3	2,0
Gravataí/JT	3,4	1,4	8,6	1,7
Charqueadas/AT	4,6	3,0	4,2	2,9
Guaíba/Parque 35	---	---	3,9	2,7

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em termos de distribuição da concentração horária de CO durante o dia, a Figura 24 mostra esta distribuição, considerando a média aritmética anual obtida para todas as estações em que houve dados de monitoramento do poluente.

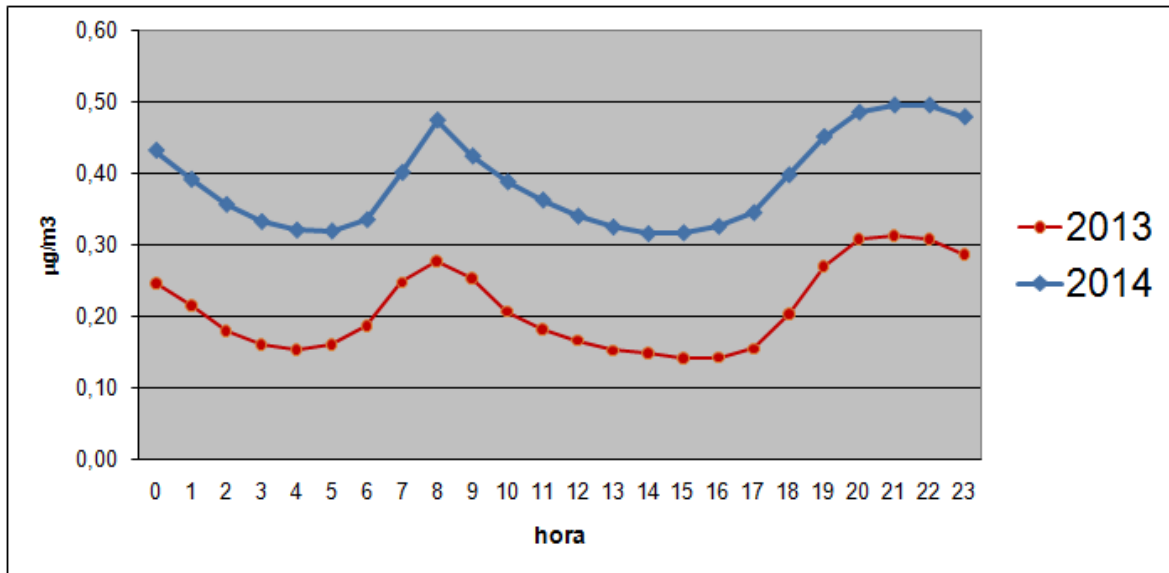


Figura 24: Concentração média horária de CO ao longo do dia, por ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que as concentrações médias horárias de CO apresentam dois picos de máximas concentrações, as 8h e as 21h, típico do aumento do tráfego de veículos nas rodovias nestes horários. O segundo pico é maior e mais duradouro devido ao resfriamento da baixa atmosfera, o que leva a redução da altura da camada de mistura.

9 CONCLUSÕES

As séries de dados dos anos de 2013 e 2014 foram analisadas e comparadas com as séries de até doze anos (a partir de 2002, quando teve início o monitoramento da rede Ar do Sul). As conclusões deste trabalho, no entanto, foram parcialmente prejudicadas pelas interrupções e lacunas de dados ocorridos por inoperância de vários analisadores ao longo dos anos em função da falta de recursos para a manutenção dos mesmos.

Em termos de índice IQAr, nos anos de 2013 e 2014 a qualidade do ar se manteve em geral “boa” em cerca de 81% dos dias, “regular” em cerca de 17% dos dias e “inadequada” em cerca de 2% dos dias. O IQAr “bom” ou “regular” atende aos padrões de qualidade do ar da resolução CONAMA nº 003/1990. Não houve nenhum registro de índice de qualidade do ar “má” ou pior nestes dois anos.

Dos poluentes monitorados e avaliados, somente o O₃ e o NO₂ apresentaram valores que ultrapassaram os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 003/1990, com destaque para o O₃ que apresentou elevadíssimo número de ultrapassagens do padrão em 2013 e 2014, representando, respectivamente, 13 e 48 dias de IQAr classificado como inadequado. Os registros de ultrapassagem do padrão de O₃ ocorreram majoritariamente na estação de Charqueadas/AT, provavelmente decorrente de emissões industriais de poluentes precursores da própria região de Charqueadas, além dos eventos naturais e de prováveis contribuições das emissões de precursores originadas na RMPA, Vale dos Sinos e Pólo Petroquímico. Destaca-se também que o número de ultrapassagens do padrão de qualidade do ar para O₃ em Charqueadas tem aumentado consideravelmente desde 2011 quando a rede Ar do Sul iniciou o monitoramento nessa região.

O poluente NO₂ também registrou ultrapassagens do padrão de qualidade, com 3 episódios (duas em 2013 e uma em 2014), todos na estação Esteio/VE. Destaca-se que a resolução CONAMA nº 03/1990 permite 1 (uma) ultrapassagem do padrão por ano e que o valor de concentração que foi ultrapassado nos 3 episódios corresponde ao padrão secundário de qualidade do ar, que é permitido ultrapassar somente em distritos industriais conforme o Código Estadual do Meio Ambiente.

Os poluentes SO₂ e CO apresentaram valores muito abaixo do padrão de qualidade do ar, talvez influenciados pela redução de suas emissões das fontes veiculares conforme estabelecido no PROCONVE.

O poluente PI_{10} não apresentou ultrapassagens dos padrões de qualidade, mas apresenta picos de concentração elevados em determinado período, sendo fortemente influenciado pelas emissões de veículos automotores à diesel, e em segundo plano dos veículos em geral e das emissões industriais.

Em suma, nos anos de 2013 e 2014, exceto para o ozônio na região de Charqueadas que apresentou muitas ultrapassagens do padrão de qualidade do ar com tendência de piora, não se observou aumento dos níveis de poluição atmosférica nos locais do Estado onde se dispõe de estação de monitoramento.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 005, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 de agosto de 1989, Seção 1, p. 14713-14714.

_____. Resolução nº 003, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre os Padrões de Qualidade do Ar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 de agosto de 1990, Seção 1, páginas 15937-15939.

BRASIL. Lei Estadual 9.519/92, art. 28. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.

_____. Lei Estadual 11.520, de 03 de agosto de 2000. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Expediente nº 3600-08.01/98-5 DDM/FSD - 1W.

DANNI, I. M. **Aspectos Temporo-espaciais da Temperatura e Umidade relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982**: contribuição ao estudo do clima urbano. São Paulo, 1987. 129p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA (FEE). **Potencial Poluidor da Indústria no RS**: Análise dos Dados 2002–2009. Porto Alegre. Disponível em <<http://www.fee.rs.gov.br/indicadores/indicadores-ambientais/destaques/>>. Acesso em 10 dez. 2015.

_____. **Potencial Poluidor da Indústria no RS**: Análise dos Dados 2002–2009. Porto Alegre. Disponível em <<http://cdn.fee.tche.br/ipp/mapas/mapa-2.png>>. Acesso em 10 dez. 2015.

_____. **Série histórica: PIB – RS | 1995 – 2010.** Porto Alegre. Disponível em <<http://www.fee.rs.gov.br/indicadores/pib-rs/estadual/serie-historica>>. Acesso em 10 dez. 2015.

_____. **Série histórica: PIB – RS | 2010 – 2013.** Porto Alegre. Disponível em <<http://www.fee.rs.gov.br/indicadores/pib-rs/estadual/serie-historica>>. Acesso em 10 dez. 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER – FEPAM/RS. **Primeiro Inventário de Emissões Atmosféricas das Fontes Móveis do Estado do Rio Grande do Sul – Ano base 2009.** Porto Alegre, 2010.

_____. **Poluentes - IQAr, Efeitos e Precauções.** Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/poluentes_ef_prec_iqar.asp>. Acesso em 10 dez. 2015.

RAO, V. B. e HADA, K. **Characteristics of rainfall over Brazil: Annual Variations and Connections with the Southern Oscillation.** Theor. Appl. Climatol., v. 42, p. 81-91, 1990.

RIO GRANDE DO SUL. **Departamento Estadual de Trânsito.** Disponível em <<http://www.detran.rs.gov.br>>. Acesso em 10 dez. 2015.

SILVEIRA, José Carlos S.; M.B. Jaci. **Análise das anomalias positivas e negativas de precipitações e temperaturas relacionadas com eventos La Niña e El Niño na cidade do Rio Grande – RS.** Saraiva, 1999.

STRAHLER, A.N. **Geografia Física.** Barcelona: Ômega, 1977.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air Quality Guidelines Global Update 2005: Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.** Copenhagen, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Mortality from ambient air pollution for 2012.** Geneva; 2014 [cited 17 November 2014]; Available from: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/.

_____. **Air quality deteriorating in many of the world's cities;** Available from: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-quality/en/>

_____. International Agency for Research on Cancer (IARC). **Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths.** Press Release N° 221. Lyon, 2013.

11. FONTES CONSULTADAS

1. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos.
<http://satellite.cptec.inpe.br/home/novoSite/index.jsp>
2. Instituto Nacional de Meteorologia. <http://www.inmet.gov.br/portal/>
3. Estação do 8º Distrito de Meteorologia em Porto Alegre (RS).
4. Google™ Earth.
5. Air Resources Laboratory. <http://ready.arl.noaa.gov/READYamet.php>